

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук
Самарцева Всеволода Николаевича
на тему: «Обоснование геофильтрационных и геомиграционных
моделей участков загрязнения и эксплуатации подземных вод с
использованием метода совместной калибровки»
по специальности 1.6.6 – «Гидрогеология»

В диссертационной работе В.Н. Самарцева рассматриваются весьма важные в методическом и практическом отношении вопросы развития методики и технологии калибровки геофильтрационных и геомиграционных моделей.

Актуальность диссертационной работы обусловлена тем обстоятельством, что наиболее важные гидрогеологические и гидрогеоэкологические задачи за редким исключением решаются с применением численного моделирования. Именно в рамках калибровки цифровых моделей геофильтрации и геомиграции представляется возможным обобщить представления о распределении параметров геофильтрационного и геомиграционного потоков и определить их эффективные значения. В работе проведен анализ современной практики калибровки моделей в Российской Федерации и за рубежом.

В работе представлена методика оценки неопределенности численных моделей, связанной с ограниченным объемом исходных данных о геофильтрационных параметрах и предложена методика снижения такого рода неопределённости.

Основные теоретические и методические положения работы прошли валидацию на реальных объектах, расположенных в Российской Федерации. Результаты работы опубликованы в реферируемых изданиях и используются в учебном процессе на геологическом факультете МГУ.

В основе работы лежит объемный полевой материал, в значительной степени полученный при непосредственном участии автора.

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав с разделами и подразделами и заключения. Общий объемом работы составляет 216 страниц, список литературы состоит из 161 наименований, имеются 2 приложения.

Обработка и интерпретация натуральных данных выполнена с учетом современных цифровых технологий, при этом автором усовершенствованы известные методы, а также предложены и теоретически обоснованы новые методические подходы к решению поставленных задач.

Далее в отзыве приводится анализ и оценка основных результатов диссертационной работы и замечания по ее разделам.

В главе 1 представлен краткий обзор истории развития методов моделирования в гидрогеологии, обстоятельный анализ и обобщение результатов современных подходов и проблем калибровки моделей гидрогеологических процессов. Автор обсуждает термин «эффективный параметр» и определяет его основное содержание следующим образом: при задании в модель эффективный параметр позволяет воспроизвести известное состояние моделируемой системы в ограниченном числе точек с требуемой точностью.

Автор на основе тестовых расчетов убедительно показывает, что определение эффективного значения проводимости одномерного геофильтрационного потока аналитическим путем (как среднее геометрическое) требует нереально большого в натуральных условиях объема полевых опробований. Отсюда следует важный вывод о необходимости оценки эффективных значений параметров с использованием калибровки модели. Данный вывод представляется весьма важным с методической и практической точек зрения, принимая во внимание, что в ряде случаев эксперты требуют, чтобы осредненные тем или иным способом параметры, определенные, например, по результатам опытно-фильтрационных работ, были использованы непосредственно для прогнозных расчетов, что некорректно.

Автор справедливо отмечает, что основой калибровки моделей является приближенное решение некорректной задачи. Автор обсуждает достоинства и недостатки таких подходов к решению обратных задач как геостатистический, метод пилотных точек (pilot points method), метод Монте-Карло, последовательной автокалибровки (sequential self-calibration, SSC). Отмечая, что рассмотренные подходы имеют в большинстве случаев узкоспециальный характер, автор рассматривает ниже в качестве основы для калибровки моделей широкодоступные и используемые программы PEST и UCODE.

Рассматривая опорные показатели, используемые при калибровке моделей, автор справедливо отмечает, что оптимальным является использование одновременно нескольких характеристик геофильтрационного и геомиграционного потоков, в частности, напоров и концентраций растворенных веществ (совместная калибровка).

В главе 2 на основе обстоятельного анализа литературных данных рассматриваются современные подходы к калибровке моделей гидрогеологических объектов с использованием стандартных алгоритмов. Подчеркивается тот факт, что калибровка в реальных условиях не сводится только к автоматическому поиску минимума целевой функции. Поскольку калибровка объективно включает ряд шагов, выполняемых не в автоматическом режиме, автор называет рассматриваемую методику полуавтоматической.

В главе на основе литературных данных и тестовых расчетов, выполненных автором, рассматриваются базовые понятия, используемые при калибровке моделей: целевая функция, весовые коэффициенты калибровочных показателей, чувствительность модели к калибруемым параметрам, регуляризация (ручная, математическая) при калибровке моделей.

Автором рассмотрен практический алгоритм калибровки, включающий подготовку наблюдений, выбор параметров, проведение этапа автоматической калибровки. Даются рекомендации по оценке результатов

калибровки и принятия решения об успешном ее проведении или продолжении с измененными исходными позициями.

Автор вводит понятие совместной калибровки, при которой совместно анализируются данные разных типов наблюдений, разные расчетные модели одного процесса и модели разных процессов. Предлагается выделить следующие типы совместной калибровки: одномодельная совместная калибровка, многомодельная совместная калибровка; многомодельная мультипроцессная совместная калибровка.

В главе 3 осуществляется тестирование предложенной автором методики совместной калибровки по схеме «слепого эксперимента» с использованием тестовых (имитационных) моделей реальных объектов.

Для проведения совместной калибровки автор рекомендует сделать следующее.

1. Добавить эффективную пористость к калибруемым параметрам;
2. Добавить запуск геомиграционной модели после завершения расчета геофильтрационной;
3. Обеспечить извлечение расчетных концентраций в требуемых точках и временных шагах из общего файла результатов;
4. Добавить замеры концентраций в целевую функцию.

В качестве первого тестового объекта использована упрощенная имитационная модель участка шламохранилища Сибирского химического комбината (СХК).

Отметим, что эффективная (активная) пористость водовмещающих отложений является в рассматриваемом случае единственным калибруемым миграционным параметром).

Таким образом, совместная калибровка в методическом плане представляет собой последовательное решение геофильтрационной и геомиграционной задачи с оценкой обобщенной функции качества, объединяющей характеристики геофильтрационного и геомиграционного потоков. Автор показывает, что совместная калибровка позволяет

значительно снизить функцию качества и, таким образом, улучшить результаты калибровки.

Далее на примере имитационной модели линейного геофильтрационного потока, неоднородного по фильтрационным свойствам автор рассматривает решение задачи о совместной калибровке с целью определения проводимости. При этом использована процедура сглаживания данных в оригинальной авторской постановке. Использовались уровни по 5 контрольным точкам и выходная кривая прохождения мигранта по одной скважине, расположенной в центре моделируемого профиля.

На данных примерах 1-2 автор также убедительно показал, что преимущество совместная калибровка всех используемых моделей позволяет более эффективно использовать данные наблюдений и оптимизировать процесс разработки моделей.

По данной главе имеются следующие замечания.

1. Технология практической совместной калибровки является важным научно-методическим результатом работы. Для ознакомления с описанием указанной технологии автор отсылает к приложению. По мнению оппонента, основные положения техники совместной калибровки в кратком изложении следовало поместить в тексте.
2. На стр. 81 при обосновании постановки задачи автор отмечает «Величины инфильтрации выбраны для калибровки потому, что инфильтрация в выбранной схеме модели определяет общий баланс рассматриваемого потока подземных вод и, соответственно, разбавление мигрирующего загрязнителя». Это неверно, поскольку инфильтрация в рамках трехмерной модели определяет преимущественно пространственную конфигурацию ореола распространения индикатора, а перемешивание физически определяется гидродинамической дисперсией и молекулярной диффузией.
3. Совместная калибровка имитационных моделей в примерах 1 и 2 осуществлялась без учета влияния гидродинамической дисперсии.

Следовало бы оценить, как гидродинамическая дисперсия может повлиять на результаты калибровки.

4. Необходимо отметить, что при решении реальных геомиграционных задач в ряде случаев необходимо проводить калибровку источника поступления контаминантов в геофильтрационный поток. Возникает вопрос, насколько это обстоятельство усложнит предлагаемую процедуру совместной калибровки?
5. Процедура калибровки, рассмотренная в примере 2, представляется весьма сложной. Представляется целесообразным дать краткие рекомендации по ее реализации в натуральных условиях.

В главе 4 методика совместной калибровки системы разномасштабных геофильтрационных моделей рассмотрена на примере реального объекта - водозабора ВПС-4 г. Воронежа. Совместная калибровка в данном случае предусматривает сопряженную калибровку региональной модели водозабора подземных вод, охарактеризованной результатами режимных наблюдений и локальных моделей длительных опытно-эксплуатационных откачек.

Применение совместной калибровки позволило согласовать результаты трех разномасштабных наборов полевых данных (две опытные откачки и режимные наблюдения) с большей достоверностью, чем это было сделано с использованием стандартного подхода.

В главе 5 рассмотрено применение метода совместной калибровки при разработке геофильтрационных моделей подземного стока бассейнов малых рек. В качестве наблюдений при калибровке в дополнение к напорам подземных вод использованы замеры расхода реки. Совместная калибровка позволила одновременно откалибровать параметры питания и проводимости донных отложений, и использовать разработанную модель при прогнозировании сокращения речного стока.

Особо следует отметить, что помимо новых методических положений, сформулированных автором, в приложении к диссертации приводится схема

модификации стандартного программного обеспечения для решения задач совместной калибровки.

Редакционное замечание. Используемые в работе термины «общая структура потока» (имеется в виду пространственная структура потока), «синтетические» примеры, «синтетические модели», «синтетические объекты» («синтетический» в контексте диссертации используется в значении «искусственный» или «имитационный»), представляются не вполне корректными.

Автор показал свое владение современными методами гидрогеологических исследований, способность обобщать сложную информацию и делать правильные выводы, предлагать новые методические подходы к решению актуальных задач.

Защищаемые положения диссертации обоснованы результатами исследований, выполненных автором, и отражены в опубликованных им работах.

Сделанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования в целом. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.6.6 – Гидрогеология (по геолого-минералогическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Самарцев Всеволод Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.6 – Гидрогеология.

Принимая во внимание высокий научно-методический уровень диссертации и недостаток в настоящее время теоретических и методических

работ такого рода на русском языке, диссертационная работа может быть рекомендована к публикации в виде монографии.

Официальный оппонент:

доктор геолого-минералогических наук,
главный специалист - начальник отдела
ГИС-технологий и математического моделирования
Центра объектного мониторинга состояния недр.
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Гидроспецгеология».

Куваев Андрей Алексеевич



26.10.2022

Контактные данные:

тел.: +7 () 4, e-mail: and@msnr.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

1.6.6 – Гидрогеология

Адрес места работы:

123060, г. Москва, ул. Маршала Рыбалко, д. 4

Федеральное государственное бюджетное учреждение

«Гидроспецгеология», Центр объектного мониторинга состояния недр,

Тел.: +7 (495) 940-55-15; e-mail: kuvayev@msnr.ru

Подпись А.А. Куваева удостоверяю:

Начальник отдела кадров ФГБУ «Гидроспецгеология»

Е.П.

