

При оценке разведанности ресурсов подземных вод было бы целесообразно учитывать опыт эксплуатации мелких водозаборов, накапливаемый в системе ГМСН, по которым в настоящее время не выполняется оценка запасов подземных вод. Такие объекты составляют около 70 % всех эксплуатируемых подземных водных объектов в федеральном округе, хотя их доля в суммарном водоотборе невелика (около 4 %).

Дренажные воды горнодобывающих предприятий на территории УрФО могут рассматриваться как полезный природный ресурс, имеющий определенный питьевой потенциал, в том числе и после прекращения горных работ. Для этого требуется усовершенствование методики гидрогеологического обоснования размеров зоны санитарной охраны в условиях открытых гидрогеологических структур и усиление роли органов управления недр при установлении размера первого пояса ЗСО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грязнов, О.Н. Гидрогеологические и геоэкологические аспекты разработки рудных месторождений горно-складчатого Урала / О.Н. Грязнов, В.П. Новиков, А.Л. Фельдман // Изв. вузов: Горный журнал. Уральское обозрение. — 1995. — № 5. — С. 95–101.
2. Елохина, С.Н. Геоэкологические проблемы затопленных рудников Урала / С.Н. Елохина / Под ред. О.Н. Грязнова. — Екатеринбург: ООО УИПЦ. — 2013. — 187 с.
3. Информационный бюллетень о состоянии недр территории Уральского федерального округа Российской Федерации за 2016 год (Вып. 17) / Под ред. С.Н. Елохиной. — Екатеринбург: ООО УЦАО. — 2017. — 214 с.
4. Новиков, В.П. Уточненная гидрогеологическая модель объектов Уральской складчатой области / В.П. Новиков, Д.В. Копылов // Разведка и охрана недр. — 2018. — № 3. — С. 36–41.
5. Палкин, С.В. Разведка и эксплуатация Липовского водозабора при его взаимодействии с выведенным из разработки карьером никелевых руд / С.В. Палкин, С.С. Палкин // Разведка и охрана недр. — 2003. — № 10. — С. 45–48.

© Коллектив авторов, 2018

Елохина Светлана Николаевна // elohina.s@mail.ru
Киндлер Алексей Александрович // kindler@gmsn-ural.ru
Кислякова Алена Анатольевна // alena@gmsn-ural.ru
Сергеева Анастасия Сергеевна // sergeeva@gmsn-ural.ru

УДК 556.639; 556.38

Шагалиев Р.М., Бутнев О.И., Горев И.В., Пронин В.А.
(ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ), Глинский М.Л., Куваев А.А.,
Семенов М.Е. (ФГБУ «Гидроспецгеология»)

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «НИМФА»: РАЗВИТИЕ И ВНЕДРЕНИЕ В ПРАКТИКУ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Дается характеристика современного состояния и перспективы развития инновационного отечественного программного комплекса «НИМФА», предназначенного для решения широкого круга гидрогеологических и геоэкологических задач. **Ключевые слова:** геофильтрационное и геомиграционное моделирование, высокопараллельные Супер-ЭВМ.

Shagaliev R.M., Butnev O.I., Gorev I.V., Pronin V.A. (RFNC-VNIEF), Glinskiy M.L., Kuvaev A.A., Semenov M.E. (Gidrospecegeologiya)

SOFTWARE PRODUCT «NIMFA»: DEVELOPMENT AND ADOPTION TO HYDROGEOLOGICAL SIMULATION PRACTICE

Current state and development perspectives of innovative domestic software product «NIMFA», designed to solve vast range of hydrogeological and environmental problem, is given.

Keywords: hydrodynamic and solute transport modeling, highly parallel supercomputer.

Введение

Математическое моделирование процессов миграции химического и радиоактивного загрязнения в подземных водах требует специальных программных средств, позволяющих учесть широкий спектр физико-химических процессов и ориентированных на пользователя — гидрогеолога-геоэколога, не имеющего квалификации математика-программиста. Следует заметить, что до последнего времени математическое моделирование процессов фильтрации и миграции выполнялось преимущественно на импортных программных продуктах, не прошедших аттестацию в НТЦ ЯРБ.

Инновационный отечественный импортозамещающий программный комплекс «НИМФА» (далее ПК «НИМФА») предназначен для моделирования геофильтрации и геомиграции при оценке воздействия ЯРОО Госкорпорации «Росатом» на подземные, поверхностные воды и грунты (моделирование геофильтрации и геомиграции) с применением современных высокопараллельных Супер-ЭВМ, а также персональных компьютеров.

Организациями — участниками инновационного проекта «НИМФА» (далее организации-участники) являются:

- федеральное государственное унитарное предприятие «Российский федеральный ядерный центр, Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» (ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»);
- федеральное государственное бюджетное учреждение «Гидроспецгеология» (ФГБУ «Гидроспецгеология»).

История создания ПК «НИМФА»

Концепция базовой версии ПК «НИМФА» была разработана ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» в 2013 г. Основной целью разработки являлось создание программного обеспечения для решения геофильтрационных и геомиграционных задач на объектах Госкорпорации «Росатом» при проведении объектного мониторинга состояния недр (ОМСН), который осуществляется ФГБУ «Гидроспецгеология» с 2008 г. [2].

Были определены следующие основные требования к ПК «НИМФА» [3]:

1. Быть ГИС — ориентированным, т.е. обеспечивать совместимость с ГИС, используемыми для подготовки исходных данных (карт, схем распределения геофиль-

традиционных параметров, базовой геологической модели и т.д.).

2. Быть совместимыми с базой исходных цифровых данных, содержащей сведения об уровнях подземных вод, концентрациях (удельных активностях) мигрирующих в них загрязнителей (контаминантов); данные о наблюдательных и водозаборных скважинах.

3. Обеспечивать возможность построения цифровой геологической модели объекта исследований.

4. Обеспечивать проведение расчетов на нерегулярных вычислительных сетках при условии резкой (на порядок) изменчивости проницаемости среды.

5. Обеспечивать возможность эффективной калибровки геофильтрационных и геомиграционных моделей в автоматическом режиме.

6. Обеспечивать возможность учета основных геомиграционных процессов:

— конвективного массопереноса, обусловленного вынужденной, свободной тепловой и гравитационной конвекцией в геофильтрационном потоке;

— гидродинамической дисперсии;

— молекулярной диффузии;

— сорбции и десорбции;

— деструкции (радиоактивного распада);

— выделения тепла при радиоактивном распаде.

7. Обеспечивать возможность расчета многокомпонентной миграции с учетом физико-химического взаимодействия мигрирующих компонентов.

8. Обеспечивать приемлемую (достаточно низкую) численную дисперсию при расчетах конвективного массопереноса.

9. Обеспечивать возможность расчетов переноса химического и радиоактивного загрязнения с поверхностным стоком.

10. Обеспечивать приемлемую (достаточно высокую) скорость счета в параллельном режиме.

Работы по созданию инновационного отечественного ПК «НИМФА» выполнялись с 2014 г. по программе, утвержденной в 2013 г. генеральным директором Госкорпорации «Росатом». В 2015 г. руководством Госкорпорации «Росатом» была утверждена Актуализированная программа, учитывающая результаты работ 2014–2015 гг. В 2014 г. в соответствии с Программой выполнены доработка, верификация и адаптация ПК «НИМФА» в части решения геофильтрационных задач с использованием в качестве верификационной базы геофильтрационных моделей объектов Госкорпорации «Росатом», разработанных ФГБУ «Гидроспецгеология».

По результатам работ 2014 г. в алгоритм гидродинамического блока ПК «НИМФА» были внесены изменения. Это позволило получить результаты, полностью соответствующие стандартному программному комплексу «MODFLOW», являющемуся международным стандартом и используемому в качестве эталона.

В 2015 г. в соответствии с Актуализированной программой выполнена доработка, верификация и адаптация ПК «НИМФА» в части решения геомиграционных задач с использованием в качестве верификаци-

онной базы геомиграционной модели площадки объекта Госкорпорации «Росатом», разработанной ранее ФГБУ «Гидроспецгеология». В результате выполнения работ по Актуализированной программе ПК «НИМФА», доработанный в соответствии с современными требованиями, предъявляемыми к решению геоэкологических задач, прошел аттестацию в ФБУ «НТЦ ЯРБ» (регистрационный № 419 от 15 июня 2017 г.) и подготовлен для внедрения в качестве отраслевого стандартного программного продукта в практику работ по оценке воздействия ЯРОО Госкорпорации «Росатом» на подземные, поверхностные воды и грунты. Для прохождения верификации ПК «НИМФА» и его аттестации в ФБУ «НТЦ ЯРБ» была использована матрица верификации, представляющая собой набор из 21 тестовой задачи как с аналитическим решением, так и кросс-верификация с известными мировыми программными комплексами [1, 4].

Современное состояние ПК «НИМФА» и перспективы его развития

Программный комплекс НИМФА предназначен как для проектных, так и для эксплуатационных расчетов, а также может быть использован для получения и формирования исходных данных для обоснования безопасности объектов использования атомной энергетикой (ОИАЭ) в документах, представляемых в Госатомнадзор России в рамках процедуры лицензирования ОИАЭ.

Геофильтрационные и геомиграционные модели ЯРОО Госкорпорации «Росатом», разработанные на основе ПК «НИМФА», обладают следующими существенными преимуществами по сравнению с моделями, разработанными с использованием доступных импортных программных комплексов:

1. Высокой скоростью вычислений, что позволяет решать многовариантные задачи на сетках, включающих миллионы расчетных ячеек, и обеспечивать высокую оперативность калибровочных эпигнозных и прогнозных расчетов. Данное обстоятельство особенно важно при математическом моделировании масштабных объектов, характеризующихся сложными природно-техногенными условиями и содержащих большие объемы информации.

2. Позволяют использовать при вычислениях более детальные модельные неструктурированные сетки, способные адаптироваться под особенности рассчитываемого объекта и, таким образом, более обстоятельно учитывать природно-техногенные условия объекта.

3. Позволяют учесть зависимость сорбционных свойств водовмещающих отложений от содержания растворенных солей в фильтрате, что обеспечивает более высокую надежность результатов модельных расчетов.

4. Обладают высоким потенциалом дальнейшего развития в части уточнения и повышения информативности результатов моделирования.

По комплексу программ НИМФА могут быть рассчитаны следующие процессы:

— напорная и безнапорная стационарная/нестационарная однофазная фильтрация;

- переменная влагонасыщенность;
- многокомпонентный массоперенос;
- гидродинамическая дисперсия;
- молекулярная диффузия;
- плотностная (солевая) конвекция в фильтрационном потоке;
- равновесная сорбция/десорбция;
- радиоактивный распад (без учета цепочек превращений радионуклидов);
- конвективно-кондуктивный теплоперенос с учетом свободной тепловой конвекции;
- поверхностный сток;
- течения по открытым каналам.

В рамках выполнения Актуализированной программы в ПК «НИМФА» также разработан и подготовлен к аттестации гидрологический модуль, предназначенный для расчетов переноса химического и радиоактивного загрязнения с поверхностными водами. Следует отметить, что эта задача актуальна для целого ряда объектов Госкорпорации «Росатом».

Использование параллельного режима счета в комплексе НИМФА позволяет обеспечить многовариантность расчетов и повысить качество калибровки моделей путем существенного сокращения времени расчета одной модели. Можно привести следующий пример. Расчет модели промышленной площадки одного из объектов Госкорпорации «Росатом» проводился с использованием 3 556 000 ячеек сетки. Время расчета в последовательном режиме геофильтрационной модели на таком количестве ячеек по «MODFLOW-2005» составило 920 сек, а геомиграционной модели по «MT3DMS» — 11 час. При использовании параллельного режима счета (240 вычислительных ядер), расчет геофильтрационной модели по комплексу НИМФА составил 7,5 сек, а геомиграционной модели — 5 мин.

Важным преимуществом программного комплекса НИМФА является также возможность использования трехмерных неструктурированных сеток, позволяющих легче проводить дискретизацию областей задач сложной формы с возможностью адаптации к особенностям гидрологических объектов. Стоит особо отметить, что сетки строятся уже в процессе самого расчета, в параллельном режиме с помощью запатентованного генератора [5], что позволяет с легкостью создавать модели с десятками, сотнями и миллионами ячеек.

В качестве весьма важной для решения практических задач опции в ПК «НИМФА» добавлен модуль разработки геологических моделей объектов, который в настоящее время имеется далеко не во всех широко используемых импортных программных продуктах.

Методика создания геологической модели подобна используемой в AquaVEO GMS:

1. Получение поверхности рельефа через импорт данных из файлов ГИС-приложений для ограничения геологической модели по вертикали.

2. Получение набора инженерно-геологических скважин через ручное задание данных с паспортов скважин, импорт файла со скважинными данными.

С помощью этой информации можно построить кровли и подошвы слоев геологической модели.

3. Расстановка горизонтов автоматически и доработка горизонтов вручную. Под термином «горизонт» понимается некий виртуальный объект, представляющий будущий слой геологической модели, который характеризуется определенным составом и фильтрационно-емкостными свойствами. Набор горизонтов несет информацию о том, как будет строиться геологическое тело и ограничениях, накладываемых на него.

4. Задание границ распространения горизонтов (модельных слоев) и границ области моделирования через импорт данных из файлов ГИС-приложений для горизонтов.

5. Задание геологических разрезов между скважинами и их уточнение с целью детального определения границ модельных слоев в межскважинном пространстве, что впоследствии повлияет на геометрию будущих геологических тел.

6. Построение геологических тел, представляющих собой массив осадочной породы, обладающий определенными фильтрационно-емкостными свойствами.

7. Создание единой геологической модели без зазоров и наложений с помощью операций над полученными геологическими телами (высечение, притяжение, заполнение).

Внедрение геологических тел в сетку происходит после того, как задача запущена в счет и сетка построена. В ячейку попадают свойства, приписанные породе, к которой относится солид. Также ячейка получает идентификатор породы для того, чтобы рассчитывать относительные проницаемости породы по различным гидравлическим кривым (Брук-Кори, ван Генухтен и т.д.) в задачах ненасыщенной фильтрации.

На рис. 1 в качестве примера представлена цифровая геологическая модель, разработанная по данным геолого-технических колонок разведочных скважин для промышленного объекта, расположенного в речной долине. На рис. 2 представлены результаты геофильтрационного и геомиграционного моделирования для данного объекта.

В 2017 г. генеральным директором Госкорпорации «Росатом» утверждена «Программа развития и поддержки объектного мониторинга состояния недр на предприятиях Госкорпорации «Росатом» на 2018–2020 годы». Основной целью данной программы, выполняемой ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» совместно с ФГБУ «Гидроспецгеология», является совершенствование отраслевой системы ОМСН для повышения достоверности оценки долговременных последствий химического и радиоактивного загрязнения недр в границах зон возможного влияния объектов ядерного наследия и принятие эффективных управляющих решений по реабилитации загрязненных участков и обращению с радиационно- и химически-загрязненными почвами, грунтами, грунтовыми и подземными водами. Реализация программы обеспечит информационно-аналитическую поддержку управляющих решений по безопасной эксплуатации и выводу из эксплуатации ОИАЭ.

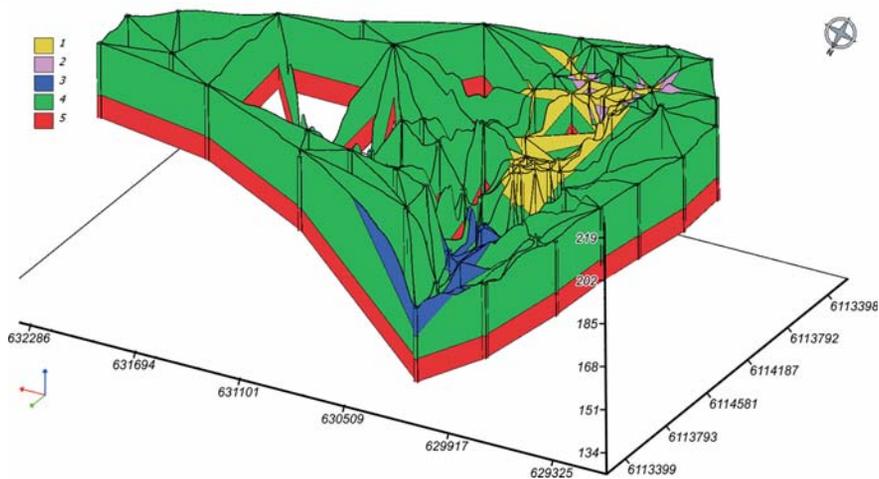


Рис. 1. Трехмерная геологическая модель промышленного объекта, расположенного в речной долине, построенная по геолого-техническим колонкам скважин с использованием ПК «НИМФА»: 1 — современные насыпные техногенные отложения; 2 — современные отложения шламового тела 1-й секции хвостохранилища; 3 — современные аллювиальные отложения; 4 — среднечетвертичные отложения краснодубровской свиты; 5 — неоген-четвертичные отложения кочковской свиты

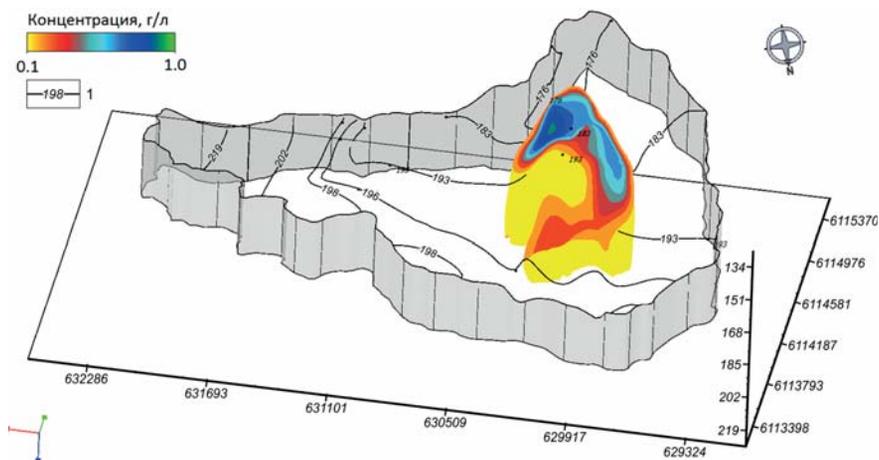


Рис. 2. Результаты геофильтрационного и геомиграционного моделирования, выполненного с использованием ПК «НИМФА» (гидроизогипсы и ореол нейтрального компонента в подземных водах): 1 — модельные гидроизогипсы, м

Актуальность развития и внедрения ПК «НИМФА» в практику гидрогеологических расчетов определяются Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Президентом Российской Федерации В.В. Путиным в 2016 г. Как указано в Стратегии в ближайшие 10–15 лет приоритетными направлениями научно-технологического развития Российской Федерации следует считать те направления, которые обеспечат, в частности, «...переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта» [6].

Следует отметить также, что в соответствии с Федеральным законом от 23 мая 2018 г. N 118-ФЗ при построении «...расчетных моделей процессов, влияющих на безопасность объектов использования атом-

ной энергии и (или) видов деятельности в области использования атомной энергии..., для их построения используются программы для электронных вычислительных машин, прошедшие экспертизу в организации научно-технической поддержки уполномоченного органа государственного регулирования безопасности, определенной данным органом» [7].

Данное положение ФЗ весьма актуально, поскольку абсолютное большинство геофильтрационных и геомиграционных моделей объектов Госкорпорации «Росатом», а также других объектов гидрогеологических исследований, выполненных и выполняемых в РФ, разработано с использованием импортного программного обеспечения, не прошедшего аттестацию в НТЦ «ЯРБ».

Основной задачей развития и внедрения ПК «НИМФА» является повышение достоверности прогнозных расчетов по оценке воздействия ЯРОО на подземные воды, поверхностные воды и грунты для объектов, содержащих большой объем данных.

В ближайшие годы предусматривается внедрение ПК «НИМФА» в практику работ ГК «Росатом» в качестве отраслевого стандартного программного продукта для проведения геоэкологических расчетов по обоснованию безопасной эксплуатации ЯРОО с целью повешения их достоверности прогнозных расчетов. В первую очередь ПК «НИМФА» должен внедряться на объектах ГК «Росатом», оказывающих масштабное воздействие на окружающую среду.

В настоящее время на основе ПК «НИМФА» разработаны и внедрены постоянно действующие математические модели (ПДМ) следующих объектов:

1. ФГУП «ГНЦ НИИАР» (геофильтрационная модель);
2. ФГУП «ВНИИЭФ» (геофильтрационная и геомиграционная модели ФГУП «ВНИИЭФ»);
3. ПАО «НЗХК» (геофильтрационная и геомиграционная модели участка хвостового хозяйства);
4. бывшего КЧХК (геофильтрационная и геомиграционная модели участка хвостового хозяйства);
5. ФГУП «ПО «Маяк» (геофильтрационная и геомиграционная модели участка «Междуречье — оз. Карачай»);
6. АО «ВНИИХТ» (геофильтрационная и геомиграционная модели);

7. ФГУП «ГХК» — объекты 354 и 354а (геофильтрационная и геомиграционная модели);

8. ПАО «МСЗ» (геофильтрационная и геомиграционная модели).

Наиболее эффективно применение ПК «НИМФА» на высокопараллельных Супер-ЭВМ. К таким компьютерам, в частности, относятся компактные Супер-ЭВМ (КС-ЭВМ) различных моделей разработки РФЯЦ-ВНИИЭФ. КС-ЭВМ представляет собой универсальную вычислительную многопроцессорную компактную высокопроизводительную систему, оснащенную базовым системным программным обеспечением (ПО) и прикладным программным обеспечением. Для эксплуатации КС-ЭВМ не требуется создания специальной инженерной инфраструктуры. Благодаря низкому уровню шума (не более 50 дБА), КС-ЭВМ может эксплуатироваться непосредственно на рабочем месте пользователя. Прикладным программным обеспечением, поставляемым с КС-ЭВМ, является ПК «НИМФА» или иное ПО разработки РФЯЦ-ВНИИЭФ. Более обстоятельная информация по КС-ЭВМ представлена на сайте РФЯЦ-ВНИИЭФ: <http://www.vniief.ru/>.

ПК «НИМФА» следует рассматривать как часть единого аппаратно-программного комплекса — АПК «НИМФА». В настоящее время АПК «НИМФА» функционирует на таких предприятиях как РФЯЦ-ВНИИЭФ, ФГБУ «Гидроспецгеология», ФГУП «ГХК».

Опыт использования ПК «НИМФА» свидетельствует, что как программный продукт, обладающий высоким потенциалом развития, ПК «НИМФА» должен развиваться и совершенствоваться в соответствии с современными вызовами и постановкой новых практических задач.

В ближайшей перспективе актуальными задачами развития ПК «НИМФА» являются:

1. Разработка встроенных модулей автоматической калибровки геофильтрационных и геомиграционных моделей.

2. Разработка модуля расчета цепочек радиоактивного распада.

Решение указанных задач позволит существенно повысить оперативность и достоверность результатов прогнозных расчетов, выполняемых с помощью ПК «НИМФА».

В соответствии с основными положениями экологической политики «Росатома» ПК «НИМФА» целесообразно также использовать на коммерческой основе для решения широкого круга геоэкологических и гидрогеологических задач. Внедрение и коммерческое использование ПК «НИМФА» предусматривают техническую поддержку программного продукта, его рекламу и свободную продажу, а также проведение обучающих семинаров для пользователей.

Заключение

В настоящее время АПК «НИМФА» является неотъемлемой частью системы модельно-ориентированного объектного мониторинга состояния недр на предприятиях Госкорпорации «Росатом». Принимая во внимание высокий потенциал развития данного

продукта, представляется целесообразным использовать его в перспективе для решения широкого круга гидрогеологических и геоэкологических задач на промышленных объектах вне контура «Росатома», в частности, для оценки запасов подземных вод, обоснования закачки проток в глубокие водоносные горизонты, оценки воздействия хранилищ промышленных отходов на окружающую среду и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бутнев, О.И. Комплекс программ «НИМФА» для решения задач нелинейной однофазной фильтрации жидкости и тепломассопереноса в пористых средах / О.И. Бутнев, М.Л. Глинский, И.В. Горев, А.А. Куваев, П.А. Машенькин, В.А. Пронин, М.Е. Семенов, М.Л. Сидоров // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Математическое моделирование физических процессов. — 2018. — Вып. 2. — С. 3–13.
2. Глинский, М.Л. Объектный мониторинг состояния недр на предприятиях атомной отрасли / М.Л. Глинский, В.А. Ветров, А.А. Абрамов, Л.Г. Чертков. — М.: Б.С.Г.-Пресс, 2015. — 264 с.
3. Глинский, М.Л. Программный комплекс «НИМФА»: перспективы развития / М.Л. Глинский, А.А. Куваев, С.Е. Власов, Р.М. Шагалиев, Ю.Н. Дерюгин, И.В. Горев // Разведка и охрана недр. — 2013. — № 10. — С. 55–59.
4. Куваев, А.А. Обоснование радиационной и экологической безопасности ОИАЭ на основе данных ОМСН с использованием геофильтрационного и геомиграционного моделирования. Промышленная безопасность и экология: Сб. матер. XVI сессии молодежной школы-семинара / А.А. Куваев. — Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2017. — С. 187–192.
5. Патент № 2611892 РФ. Способ трехмерного моделирования заданного гидрогеологического объекта, реализуемый в вычислительной системе / В.А. Пронин, М.Л. Сидоров; патентообладатель — ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», заявл. 2015; опубл. 2017.
6. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г., п. 20.
7. Федеральный закон от 23 мая 2018 г. N 118-ФЗ «О внесении изменений в статью 26 Федерального закона «Об использовании атомной энергии» и признании утратившими силу отдельных положений законодательных актов Российской Федерации». Статья 1.7.

© Коллектив авторов, 2018

Шагалиев Рашит Мирзагалиевич // RmShagaliev@vniief.ru

Бутнев Олег Игоревич

Горев Игорь Васильевич // IVGorev@vniief.ru

Пронин Виталий Алексеевич // VAPronin@vniief.ru

Глинский Марк Львович // info@specgeo.ru

Куваев Андрей Алексеевич // andrey_kuvaev@inbox.ru

Семенов Михаил Евгеньевич // semenov_m_e@msnr.ru

УДК 550.34.094

**Забирченко Д.Н., Малофеева С.С., Круткин Л.Л.
(Филиал ФГБУ «Гидроспецгеология» Южный
региональный центр ГМСН)**

КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ ОПАСНЫХ ЭНДОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СЕВЕРОКАВКАЗСКОМ СЕЙСМОАКТИВНОМ РЕГИОНЕ

*В статье рассмотрены основные особенности методических приемов обработки и комплексного анализа данных мониторинга опасных эндогенных геологических процессов и эффективность их применения на примере Северо-Кавказского сейсмоактивного региона. **Ключевые слова:** ПГД поле, приведенная амплитуда, геофизические поля, мониторинг, эндогенные геологические процессы, сейсмичность.*