

с необязательного бурения картировочных гидрогеологических скважин и некоторых других видов съемочных работ в пользу бурения новых и ремонта старых наблюдательных скважин ГМСН.

Таким образом, принятие решения о необходимости проведения гидрогеологического доизучения должно приниматься на основе оценки состояния подземных вод по данным ГМСН. В дальнейшем эти данные должны являться информационной основой для проектирования работ и собственно картографирования. В свою очередь, актуализированные в процессе доизучения гидрогеологические карты в дальнейшем используются как основа для ведения ГМСН (рис. 3).

Заключение

На основании вышеприведенных данных предлагается следующая схема проведения региональных работ при изучении подземных вод.

Для создания картографической основы с целью выявления региональных закономерностей формирования ресурсов подземных вод в пределах гидрогеологических структур 2-го порядка составляются сводные мелкомасштабные гидрогеологические карты гидрогеологических структур (артезианских бассейнов) на основе гидрогеологического районирования 1:2 500 000, унифицированных схем объектов гидрогеологической стратификации, данных ГМСН и геологоразведочных работ на подземные воды. В настоящее время специалистами ФГБУ «Гидроспецгеология» такие схемы уже подготовлены для большинства артезианских бассейнов территории Российской Федерации. Для территории Европейской части большая часть мелкомасштабных карт гидрогеологических структур построена, но нуждается в актуализации на единой методической основе. На основе выполненных работ должна актуализироваться карта гидрогеологического районирования 1:2 500 000 и уточняться унифицированные схемы гидрогеологической стратификации — по мере повышения степени изученности того или иного региона территории РФ и в связи с изменениями в стратиграфическом кодексе России. Проведение при этом полных съемок 1:1 000 000 нецелесообразно.

Среднемасштабные карты создаются полистно. На ранее изученных площадях за основу принимается гидрогеологическая карта, построенная при ранее проведенных съемочных работах, которая актуализируется на тех же принципах, что описаны выше для мелкомасштабной карты. При необходимости проводятся контрольные обследования и опробования. Принятие решения о необходимости проведения гидрогеологического доизучения должно приниматься на основе оценки состояния подземных вод по данным ГМСН. На новых, малоизученных и ранее не заснятых территориях проведение гидрогеологической съемки необходимо только на тех листах, где планируется интенсивное социально-экономическое развитие территорий. При этом съемка проводится в полном объеме, согласно имеющимся методическим рекомендациям.

Гидрогеологические карты, созданные по результатам доизучения, должны ежегодно актуализироваться

в рамках проведения ГМСН и предоставляться пользователям в электронном виде путем размещения на интернет-портале Центра ГМСН и Региональных работ ФГБУ «Гидроспецгеология» (www.geomonitoring.ru).

ЛИТЕРАТУРА

1. Пугач, С.Л. Основные положения и принципы унифицированной гидрогеологической стратификации гидрогеологических структур территории Российской Федерации / С.Л. Пугач, С.В. Кокорева // Разведка и охрана недр. — 2013. — № 10. — С. 25–29.
2. Спектор, С.В. Федеральная система мониторинга подземных вод. Информационные ресурсы и информационная продукция / С.В. Спектор, Т.В. Прачкина // Природопользование XXI век. — 2018. — № 1. — С. 76–81.
3. Челидзе, Ю.Р. Общее гидрогеологическое районирование как основа системного картографирования, изучения, использования и оценки состояния подземных вод России / Ю.Р. Челидзе, В.А. Барон, С.Л. Пугач, С.В. Кокорева // Разведка и охрана недр. — 2015. — № 5. — С. 41–49.

© Коллектив авторов, 2018

Спектор Сергей Владимирович // spektor@geomonitoring.ru
Пугач Семен Лазаревич // info@geomonitoring.ru
Платонова Алла Владимировна // alla-platonova@mail.ru
Лыгин Алексей Михайлович // alygin@rosnedra.gov.ru

УДК 556.33.04

**Абрамов А.А. (Госкорпорация «Росатом»),
Глинский М.Л. (ФГБУ «Гидроспецгеология»)**

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОГО ОБРАЩЕНИЯ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ И ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБОВ ВЫВОДА ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЯДЕРНО И РАДИАЦИОННО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ОТРАСЛЕВЫХ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Приведены примеры использования аналитической информационной системы объектного мониторинга состояния недр на предприятиях Государственной корпорации «Росатом». Охарактеризована информационно-аналитическая система радиологического мониторинга. Отмечено, что использование этих аналитических систем позволяет экономить финансовые средства и материальные ресурсы. **Ключевые слова:** аналитическая информационная система, подземные воды, мониторинг, геомиграционная модель, загрязнение, управляющие решения, экологическая политика.*

Abramov A.A. (Rosatom), Glinskiy M.L. (Hydrospeztsgeologiya)
ENSURING THE SAFE MANAGEMENT OF RADIOACTIVE WASTE AND JUSTIFYING THE DECOMMISSIONING SCENARIOS OF NUCLEAR AND RADIATION HAZARDOUS FACILITIES OF THE SC «ROSATOM» USING DATA FROM INDUSTRY INFORMATION-ANALYTICAL SYSTEMS

Examples of the implementation an analytical-information system of facility-focused monitoring of subsurface state at enterprises of the State Corporation Rosatom are given. The

information-analytical system of radioecological monitoring is characterized. It is noted that the use of these analytical systems makes it possible to save financial and material resources. Keywords: analytical-information system, groundwater, monitoring, solute transport model, pollution, management decisions, environmental policy.

Актуальной задачей настоящего времени является оптимизация затрат на ликвидацию так называемого «ядерного наследия» и отрицательных экологических последствий хранения огромного количества накопленных радиоактивных отходов.

Исходными данными для разработки рациональных и низкочастотных способов обращения с радиоактивными отходами (РАО) и вывода из эксплуатации ядерно и радиационно опасных объектов (ЯРОО), надобность в которых уже отпала, помимо результатов комплексного радиационного обследования являются результаты экологического мониторинга предприятий Госкорпорации «Росатом» (ГК «Росатом»).

В соответствии с «Соглашением о сотрудничестве между Госкорпорацией «Росатом» и Федеральным агентством по недропользованию Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации» ФГБУ «Гидроспецгеология» методологически обеспечивает такой мониторинг, причем особое внимание уделяет контролю состояния недр в районах размещения ЯРОО. Для этого в организации создан Центр объектного мониторинга состояния недр (ОМСН) на предприятиях ГК «Росатом». Выполняемые в рамках мониторинга наблюдения и исследования включают три основных этапа.

На первом осуществляется инженерно-геологическое и гидрогеологическое обследование ЯРОО, сбор первичной информации и составление базы данных.

На втором этапе разрабатываются ГИС-проект (ГИС — геоинформационные системы), геологическая и концептуальная гидрогеологическая модели объекта.

На третьем, завершающем этапе, проводится разработка геофильтрационной и геомиграционной моделей, осуществляется прогноз и обоснование инженерных решений по обращению с РАО.

Основой информационного обеспечения безопасной эксплуатации и вывода из эксплуатации ЯРОО в настоящее время стали:

— аналитическая информационная система объектного мониторинга состояния недр (АИС ОМСН);

— информационно-аналитическая система радиологического мониторинга (ИАС РЭМ), которая включает в себя подсистемы мониторинга состояния основных компонентов природной среды (воздух, вода, почва, биота и др.), а также характеристики и данные контроля источников загрязнения.

Программное компьютерное обеспечение баз данных для АИС ОМСН и ИАС РЭМ разработано ЗАО «Информконтакт» на основе отечественного программного комплекса «Альфа».

Следует особо подчеркнуть, что обе аналитические системы являются модельно ориентированными:

база данных геомониторинга, хранящаяся на центральном сервере головного предприятия ФГБУ «Гидроспецгеология», позволяет определять граничные условия при создании геофильтрационных и геомиграционных моделей для регионов размещения предприятий ГК «Росатом» и предоставляет исходные данные для эвристического и прогнозного моделирования геомиграции.

Именно для обеспечения решения задач прогнозного моделирования данные мониторинга с абонентских пунктов, расположенных на предприятиях ГК «Росатом», поступают в АИС ОМСН.

В соответствии с «Программой развития и поддержки объектного мониторинга состояния недр на предприятиях ГК «Росатом» на 2016–2020 гг.» на сегодня АИС ОМСН действует на 55 предприятиях отрасли. На 22-х из них абонентские пункты приняты в промышленную эксплуатацию. До 2020 г. абонентские пункты будут введены в постоянную эксплуатацию еще на 17 предприятиях.

Основными задачами ИАС РЭМ, в наиболее полном виде охватывающей экологическую обстановку, являются:

— формирование единой информационной базы (банка данных и ГИС-проектов) состояния окружающей среды на предприятии и в прилегающих районах;

— принятие и поддержка управленческих решений, направленных на поддержание благоприятной экологической обстановки (на основании данных промышленного экологического контроля);

— формирование экологической отчетности и передача информации контрольно-надзорным органам Госкорпорации «Росатом» и органам государственной власти РФ;

— обеспечение регулярного и оперативного учета, анализа и оценки деятельности предприятия в области экологии.

В настоящее время ИАС РЭМ функционирует на ФГУП «ПО «Маяк» и на АО «СХК».

Базы данных АИС ОМСН и ИАС РЭМ являются источниками для получения значений геомиграционных параметров компонентов-загрязнителей природной среды, задания начальных условий при постановке эвристических и прогнозных геоэкологических задач, решение которых и является основой для обеспечения безопасной эксплуатации ЯРОО и вывода их из эксплуатации.

За время, прошедшее с 2005 г. (начало внедрения ОМСН) выполнен прогноз воздействия ЯРОО на окружающую среду для 30 предприятий и отдельных сооружений, обоснованы реабилитационные мероприятия для этих объектов, результаты математического моделирования процессов миграции радионуклидов и химических загрязнителей учтены в пяти проектных решениях и использованы в процессе проведения четырех общественных слушаний.

В перспективе в результате развития отраслевой системы ОМСН будут созданы постоянно действующие

геофильтрационные и геомиграционные модели для всех экологически значимых предприятий отрасли.

Одним из основных направлений развития технологий моделирования является переход на высокопараллельные «СуперЭВМ», дающие возможность в разы повысить скорость вычислений.

Ниже приведены практические примеры обеспечения безопасного обращения с радиоактивными отходами и обоснования способов вывода из эксплуатации ядерно- и радиационно опасных объектов для двух предприятий атомной отрасли.

Важной с точки зрения улучшения экологической обстановки в курортном регионе Кавказских Минеральных Вод явилась работа: «Прогноз изменения гидродинамических условий горы Бештау вследствие реабилитации объекта «Алмаз», в которой по результатам численного моделирования выполнена прогнозная оценка восстановления уровней подземных вод зоны трещиноватости самой горы и родникового сто-

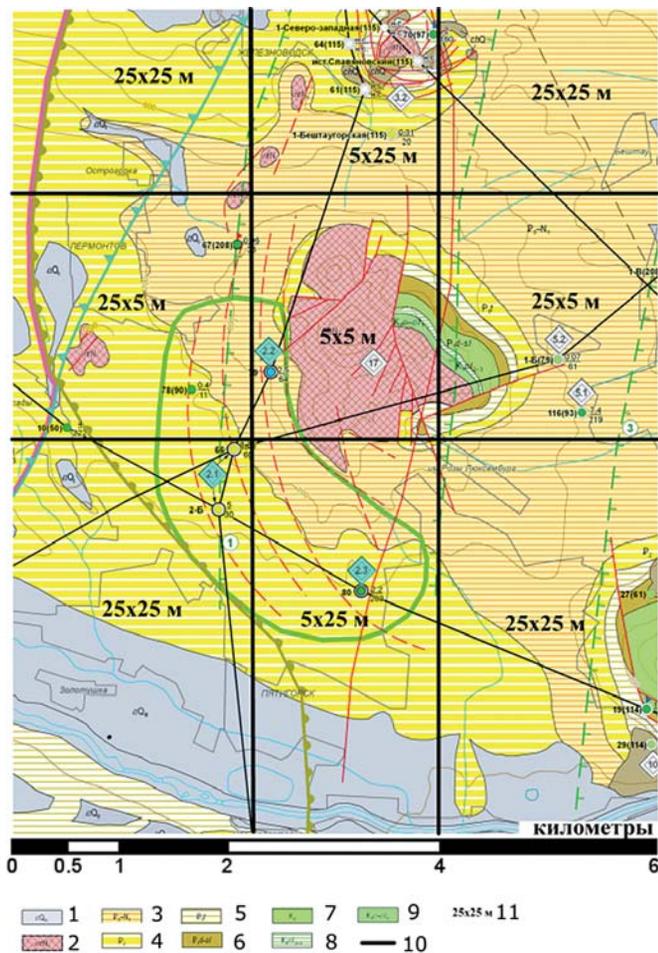


Рис. 1. Область моделирования: 1 — аллювиальный водоносный горизонт; 2 — интрузивная водоносная зона экзогенной трещиноватости; 3 — олигоцен-нижнемиоценовый водоупорный горизонт; 4 — зоценовый водоупорный горизонт; 5 — танетский водоупорный горизонт; 6 — датско-зеландский водоносный горизонт; 7 — верхнемеловой водоносный горизонт; 8 — средне-верхнеальбский водоупорный горизонт; 9 — аптско-нижнеальбский водоносный горизонт; размеры модельной сетки; 10 — границы участков модели с ячейками различного размера; 11 — размеры ячеек модельной сетки в пределах соответствующего участка, $\Delta x \times \Delta y$

ка в прилегающем районе после тампонирования выходов штолен бывшего рудника.

Бештаугорское месторождение разрабатывалось с 1949 по 1975 г. подземным способом (частично, с применением подземного выщелачивания урана) без закладки выработанного пространства. После завершения разработки месторождения горные выработки штольни были оставлены с открытыми устьями, что привело к продолжению дренирования ими подземных вод.

В настоящее время дренажные воды выходят на поверхность земли из устьев штолен. По данным многолетнего объектного мониторинга дренажные воды характеризуются превышениями действующих норм для питьевых вод по некоторым токсичным элементам и радионуклидам естественного ряда. В качестве варианта природоохранных мер был предложен тампонаж устьев штолен, который приведет к повышению уровней подземных вод.

Результаты математического моделирования, выполненного специалистами ФГБУ «Гидроспецгеология», совместно с сотрудниками МГУ им. М.В. Ломоносова подтвердили правильность принятых реабилитационных мероприятий.

Для создания геофильтрационной модели участка горы Бештау использовался программный пакет Processing Modflow 8.

На рис. 1 представлена выкопировка из гидрогеологической карты района в размере области моделирования, на рис. 2 — тектонические нарушения, учтенные при моделировании.

На первом этапе моделировался естественный стационарный поток, существовавший до создания выработок. Второй этап — расчет снижения уровней после создания горных выработок. Снижение уровней моделировалось в нестационарном режиме в течение расчетного периода: от заложения горных выработок до настоящего времени. Результатом второго этапа явилось актуальное положение уровней подземных вод. Третий этап — моделирование повышения уровней после тампонирования горных выработок в течение 40-летнего периода.

При моделировании в качестве исходных данных принималась величина суммарной разгрузки потока подземных вод в родники до создания системы штолен (установленная эмпирически), составляющая 2850 м³/сут.

Значения геофильтрационных параметров определены в результате калибровки геофильтрационной модели.

По результатам моделирования (рис. 3) сделано заключение, что в результате тампонирования выходов штолен через 40 лет напоры практически достигают значений, полученных для естественных условий при стационарном режиме, а величина родникового стока достигает значений, замеренных в естественном режиме.

Было установлено, что восстановление уровней подземных вод и родниковой разгрузки до их естественных величин произойдет в течение первых десят-

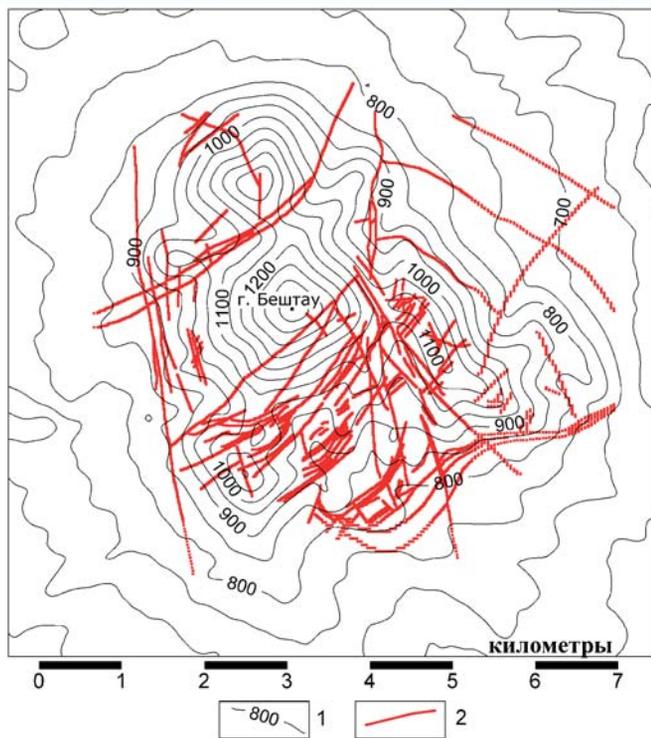


Рис. 2. Тектонические нарушения, учтенные при моделировании: 1 — горизонтали рельефа (абс. отм., м); 2 — линии разломов

ков лет, но возможно изменение химического и радионуклидного составов подземных вод, разгружающихся в родники. Поэтому необходима организация модельно-ориентированного мониторинга, включающего режимные наблюдения за расходами, химическим и радионуклидным составами вод.

Тем не менее, тампонаж устьев штолен является относительно малозатратным, но эффективным реабилитационным мероприятием, позволяющим восстановить природную обстановку в горе Бештау.

Важными с экологической точки зрения явились исследования на Новосибирском заводе химконцентратов (ПАО «НЗХК»), в ходе которых в полной мере были использованы база данных АИС ОМСН, результаты многолетнего мониторинга состояния недр и комплексное геолого-гидрогеологическое моделирование процессов геомиграции загрязнителей. Работа называлась: «Выполнение прогнозных расчетов миграции радионуклидов в пункте консервации (1-я секция) ПАО «НЗХК» и разработка количественного прогноза изменения инженерно-геологических, инженерно-экологических и гидрогеологических условий, оценка опасности риска от геологических и инженерно-геологических процессов».

Научные исследования должны были позволить оценить эффективность предложенной предприятием «дорожной карты» по решению проблемы захоронения радиоактивных отходов, находящихся в первой секции «хвостового хозяйства» ПАО «НЗХК» и сформулировать рекомендации по наиболее эффективным методам гидроизоляции инженерного сооружения.

В ходе выполнения исследований были определены объем тела 1-й секции и суммарная активность захороненных радионуклидов. Разработаны геофильтрационная и геомиграционная модели территории хвостового хозяйства. Получены эпигнозные и прогнозные ореолы распространения хлор-иона и целого комплекса радионуклидов. Определены содержания компонентов-индикаторов загрязнения в источниках и оценены коэффициенты их межфазового распределения в системе «вода-порода». Обоснована эффективность мероприятий по реабилитации территории хвостового хозяйства. Дана характеристика и прогноз изменения инженерно-геологических, инженерно-экологических и гидрогеологических условий, проведена оценка опасности риска от геологических и инженерно-геологических процессов. Проведена оценка возможности перевода законсервированного могильника ПАО (секция 1 хранилища ПАО «НЗХК») в статус консервации и захоронения особых ПАО.

Результаты моделирования позволили установить, что ореолы радионуклидов, сформировавшиеся в настоящее время в районе секции 1 хвостохранилища, характеризуются весьма низкой мобильностью.

Прогнозные расчеты, выполненные в рамках работы, дали убедительную информацию, позволяющую решить вопрос отнесения 1 секции хвостохранилища ПАО «НЗХК» к хранилищам особых ПАО.

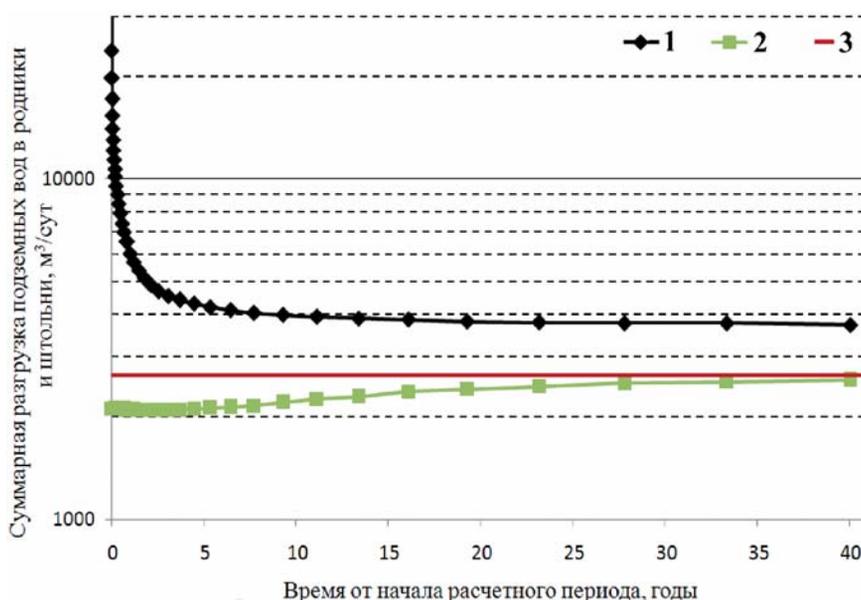


Рис. 3. Изменение разгрузки подземных вод при дренирующей роли штолен и после их тампонирувания: 1 — изменение родниковой разгрузки подземных вод после создания горных выработок; 2 — изменение родниковой разгрузки подземных вод после тампонирувания штолен; 3 — естественная величина родниковой разгрузки

Выполненные расчеты подтверждают минимальное радиационное воздействие объекта на окружающую среду после его консервации (захоронения) вследствие высоких защитных свойств геологической среды. Таким образом, выполненными работами обоснована принципиальная возможность локализации РАО в месте их размещения.

Представленные примеры характеризуют эффективность АИС ОМСН и использования ее баз данных и результатов мониторинга недр в целом.

Они показывают, что прогнозное моделирование с использованием эпигнозных расчетов параметров всегда целесообразно применять на стадиях, предшествующих принятию проектных решений, направленных на улучшение состояния окружающей среды на предприятиях Госкорпорации «Росатом».

В рассмотренных работах показано, что часто с минимальными затратами можно добиться хороших результатов.

И это только два положительных примера, а их гораздо больше; в статье не рассмотрены результаты функционирования ИАС РЭМ по причине большого объема материала, требующего изложения для ее достаточной характеристики, но последняя версия информационно-аналитической системы весьма эффективна, и ее использование позволяет принимать управляющие решения в области экологии на крупнейших предприятиях.

Таким образом, можно утверждать, что мониторинг состояния недр и комплексный экологический мониторинг окружающей среды, чьи результаты аккумулированы в базах данных ИАС РЭМ и АИС ОМСН, предоставляют основу для решения геоэкологических задач и должны использоваться при обосновании природоохранных и природозащитных мероприятий.

Развитие и поддержка ИАС РЭМ и АИС ОМСН являются важными составляющими экологической политики ГК «Росатом».

Эти аналитические системы, данные которых использованы в решении десятков задач, уже позволили сохранить значительные финансовые средства и материальные ресурсы Госкорпорации «Росатом», которые многократно превосходят затраты на разработку и поддержку самих ИАС РЭМ и АИС ОМСН.

В ходе решения прогнозных геомиграционных задач неоднократно была убедительно доказана возможность отнесения пунктов хранения радиоактивных отходов, размещенных на площадках предприятий, к пунктам размещения особых РАО.

Главным образом это касается одного из головных предприятий отрасли: ФГУП «ПО «Маяк», где накоплены большие объемы радиоактивных отходов, которые могут быть захоронены непосредственно на месте их размещения.

Широкое применение методов математического моделирования, основывающихся на данных АИС ОМСН и ИАС РЭМ, для обоснования вариантов вывода из эксплуатации конкретных ядерно и радиационно опасных объектов позволяет выбрать наиболее

рациональное решение и минимизировать вредные экологические последствия при осуществлении соответствующих мероприятий.

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. Прогноз воздействия хранилища ОЯТ на грунтовые воды / М.Л. Глинский, А.А. Куваев, М.Е. Семенов, О.В. Соколова // Безопасность ядерных технологий и окружающей среды. — 2012. — № 4. — С. 104–106.
3. Соколова, О.В. Прогноз изменения гидродинамических условий горы Бештау вследствие реабилитации объекта «Алмаз» / О.В. Соколова, И.Б. Королев, С.П. Поздняков, В.А. Самарцев // Разведка и охрана недр. — 2013. — № 6. — С. 41–47.

© Абрамов А.А., Глинский М.Л., 2018

Абрамов Александр Анатольевич // aaabramov@rosatom.ru
Глинский Марк Львович // info@specgeo.ru

УДК 556.3:550.8:528

**Пугач С.Л., Спектор С.В., Платонова А.В.,
Кокорева С.В., Журавлев А.Н., Гришин Е.С.
(ФГБУ «Гидроспецгеология»)**

МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ И ПОДГОТОВКИ К ИЗДАНИЮ ЛИСТОВ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ГИДРО- ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ РФ МАСШТАБА 1: 1 000 000 И 1:200 000

*Рассмотрены состав, содержание и этапность работ по составлению и подготовке к изданию комплектов цифровых карт гидрогеологического содержания масштабов 1:1 000 000 и 1:200 000. Охарактеризованы содержание гидрогеологических карт, приведен порядок представления на апробацию текстовых и графических материалов. **Ключевые слова:** гидрогеологическая карта, эталонная база изобразительных средств, база данных, гидрогеологическое районирование, гидрогеологическая стратификация, гидрогеологосъемочные работы, объяснительная записка.*

Pugach S.L., Spektor S.V., Platonova A.V., Kokoreva S.V., Zhuravlev A.N., Grishin E.S. (Hydrospeztsgeologiya)

**METHODOLOGY FOR COMPILING AND PREPARING
FOR PUBLICATION OF SHEETS OF STATE
HYDROGEOLOGICAL MAPS OF RUSSIAN
FEDERATION AT A SCALE OF 1:1 000 000 AND 1:200 000**

*The article considers content and the sequence of work drawing up and preparing for publication sets of digital hydrogeological maps in scale 1:1 000 000 and 1:200 000. It characterizes the content of hydrogeological maps, also it results an order of representation on approbation of text and graphic materials. **Keywords:** hydrogeological map, reference database of visual means, database, hydrological zoning, hydrological stratification, hydrological-geological field works, explanatory note.*