



УДК 004.048 556

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПРИОБРЕТЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ЗНАНИЙ
О ФОРМИРОВАНИИ НОВОЙ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ****DEVELOPMENT OF METHODS FOR ACQUISITION AND PROCESSING
OF KNOWLEDGE ABOUT THE FORMATION OF A NEW HYDROGEOLOGICAL
ENVIRONMENT****М.А. Петина, А.А. Черноморец, В.И. Петина, А.Н. Коваленко
M.A. Petina, A.A. Chernomorets, V.I. Petina, A.N. Kovalenko***Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85**Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia**e-mail: chernomorets@bsu.edu.ru*

Аннотация. В работе разработаны методы приобретения и обработки знаний о формировании новой гидрогеологической среды, которые позволяют создавать новые описания гидродинамических свойств и отношений между объектами гидрогеологической среды, обеспечивая в дальнейшем возможность создания сложных систем высокого уровня моделирования динамики подземных вод.

Resume. In this paper we developed methods for acquisition and processing of knowledges about the formation of a new hydrogeological environment, allowing you to create new descriptions of the hydrodynamic properties and relations between objects of hydrogeological environment, providing the further possibility of creation of complex systems of high-level modeling of groundwater dynamics.

Ключевые слова: подземные воды, знания, база знаний, гидрогеологическая среда, техногенный водоносный горизонт.

Keywords: groundwater, knowledges, knowledge base, hydrogeological environment, technogenic aquifer.

Введение

Белгородская область принадлежит к числу регионов с ограниченными водными ресурсами при достаточно высоком уровне сельскохозяйственного, промышленного и коммунально-бытового водопотребления.

Наиболее сильное воздействие окружающая среда испытывает в северо-восточной части области (Губкин-Старооскольский промышленный район), где на относительно небольшой площади расположены два достаточно крупных индустриально развитых города (Губкин и Старый Оскол), а также два железорудных карьера, шахта, два горно-обогатительных предприятия, два хвостохранилища, металлургический комбинат, крупный цементный завод и ряд менее крупных предприятий других отраслей промышленности.

В настоящее время существенно возросло техногенное воздействие на гидрогеологическую среду, в результате которого претерпевают значительные изменения водоносные горизонты (происходит их обезвоживание и загрязнение различными вредными веществами, появляются новые техногенные водоносные горизонты), что в условиях ограниченности и неравномерности распределения водных ресурсов является серьезной проблемой.

Основными факторами техногенного воздействия на подземные воды на территории области являются следующие:

- отбор подземных вод и сброс стоков в различного типа гидротехнические объекты;
- формирование в водоносных горизонтах депрессионных воронок и куполов растекания;
- загрязнение подземных и поверхностных вод за счет влияния полей фильтрации, отстойников и полей орошения стоками животноводческих комплексов, хвостохранилищ и других гидродинамически активных объектов загрязнения гидрогеологической системы.

Вследствие техногенного воздействия возникает необходимость решения практических проблем улучшения водоснабжения региона на основе изучения процессов формирования ресурсов подземных вод в условиях открытых горных работ на территории отдельного горнодобывающего узла и других факторов антропогенного воздействия.

Возрастающее воздействие антропогенной деятельности может привести к ухудшению геоэкологической обстановки региона (обезвоживание водоносных горизонтов, распространение ареалов загрязнения подземных вод и др.) и ухудшению условий формирования ресурсов и качества подземных вод, если своевременно не принимать меры к их изучению, охране и рациональному использованию.

В большинстве случаев, современные методы позволяют решать лишь отдельные, частные задачи определения состояния подземных вод и не обеспечивают формирование целостного, взаимосвязанного описания гидродинамических процессов.

Существующие разработки не обеспечивают в полной мере анализ знаний об изменениях состояния ресурсов подземных вод в результате воздействия различных антропогенных факторов, позволяющий прогнозировать изменение состояний водных объектов, их обезвоживание и загрязнение.

Разрабатываемые методы приобретения и обработки знаний о состоянии подземных вод позволяют создать средства описания специфических содержательных системных свойств и отношений для факторов гидрогеологической и гидродинамической среды. Также создание базы знаний позволяет оперативно получать необходимую информацию о запасах водных ресурсов и экологическом состоянии водных объектов для своевременного принятия управленческих решений по рациональному использованию водных ресурсов региона [Черноморец А.А. 2016].

Результаты и их обсуждение

Для получения знаний о формировании новой гидрогеологической среды необходимо использовать картографические материалы.

Данные о техногенной нагрузке на подземные воды на территории Белгородской области отражены на рис. 1.

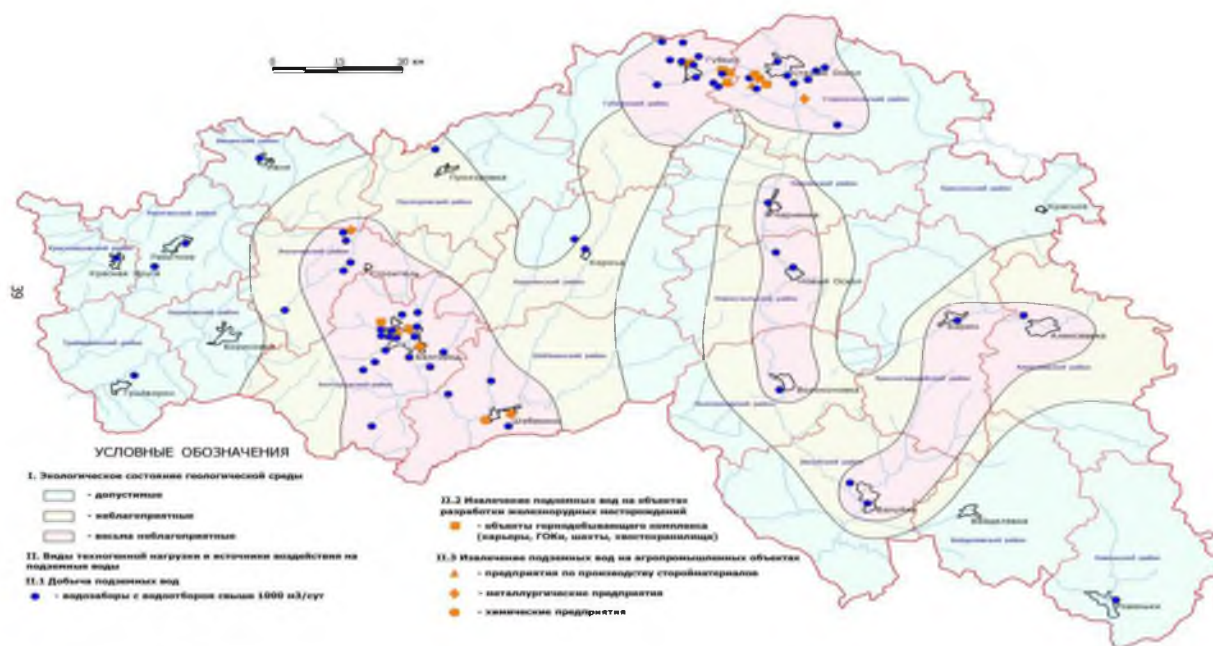


Рис. 1. Карта техногенной нагрузки на подземные воды территории Белгородской области
Fig. 1. Map of anthropogenic impact on groundwater in the Belgorod region

Полученная информация может быть использована для оценки экологического состояния геологической среды с выделением зон допустимой нагрузки, допустимых условий эксплуатации подземных вод, неблагоприятных и весьма неблагоприятных.

Интенсивность отбора подземных вод, обуславливающая развитие депрессионных воронок во времени, нарастает непрерывно. В результате подтопления территории к северу и к югу от карьеров образовались "купола растекания" подземных вод [Корнилов А.Г. 2015, Корнилов И.А. 2012, Петин А.Н. 2016].

На карта-схеме (рис.2) отображены зоны влияния Старооскольско-Губкинского горнодобывающего комплекса (ГДК) на подземные воды. Основными объектами, определяющими формирование нарушенного режима подземных вод, являются: водопонижительные системы на Лебединском и Стойленском карьерах, водоотлив из шахт, водозаборы городов Губкина и Старый Оскол, шламохранилища Стойленского и Лебединского ГОКов, гидроотвалы, а также Старооскольское водохранилище.

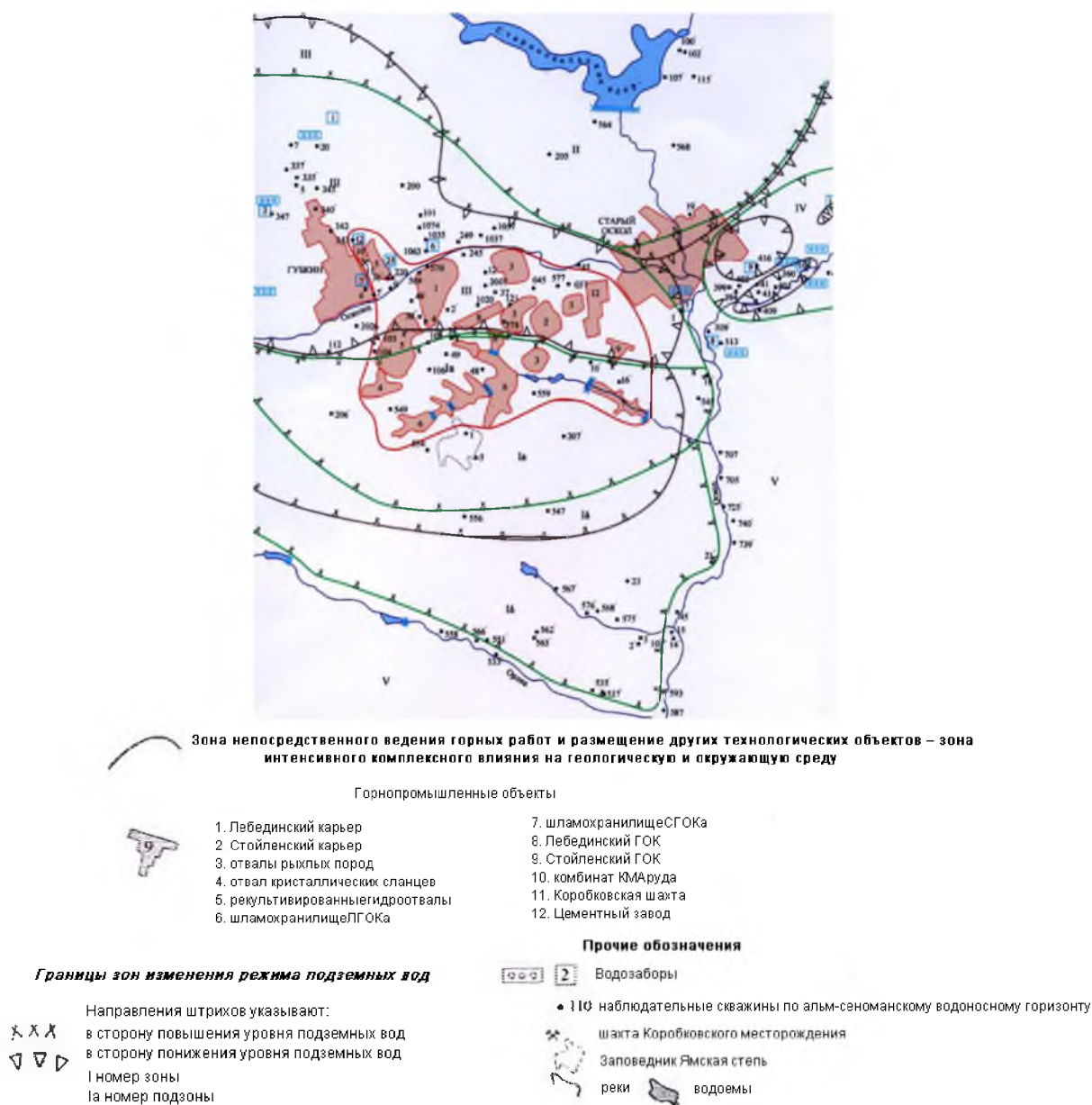


Рис. 2. Зоны влияния Старооскольско-Губкинского ГДК на подземные воды
 Fig. 2. The zones of influence of Stary Oskol Gubkin-mining complex on groundwater

На рис.2 представлены гидрохимические зоны с нарушенным типом режима подземных вод в альб-сеноманском водоносном горизонте. Выделяются зоны с повышенными уровнями подземных вод по сравнению с естественными и пониженными.

В зонах с повышенными уровнями подземных вод выделяют I и Ia подзону активного влияния инфильтрационных утечек из шламохранилищ и гидроотвалов. Уровни повышены до 15 м в районе влияния шламохранилища Стойленского ГОКа и до до 32 м в районе шламохранилища Лебединского ГОКа. Содержания макрокомпонентов превышают фоновые значения. Воды содержат повышенные концентрации железа, марганца, титана, селена и др. В Iб подзоне неактивного влияния шламохранилищ уровни повышены до 3 м. Содержания основных макрокомпонентов соответствуют фоновым значениям. Воды содержат повышенные концентрации железа, марганца, титана, бария. Вторая зона – это зона подпора подземных вод Старооскольским водохранилищем. Здесь уровни повышены от 2,5-5 м.

К зонам с пониженными уровнями подземных вод по сравнению с естественными относится третья зона влияния систем осушения карьеров и водозабора г. Губкина. Уровни здесь понижены от 3,4-32 м. Подземные воды по содержанию макрокомпонентов превышают фоновые значения. Они характеризуются повышенными концентрациями железа, марганца, нефтепродуктов и др. Четвертая зона – это зона влияния водозабора г. Старый Оскол. Уровни здесь понижены до 4 м. Содержания макрокомпонентов превышают фоновые значения. Подземные воды содержат повышенные концентрации железа, марганца, нефтепродуктов.



Пятая зона является зоной с ненарушенным типом режима подземных вод. Химический состав подземных вод соответствует фоновому.

Ввиду необходимости учета большого объема и разнообразия данных для реализации анализа состояния гидрогеологической среды необходима разработка методов приобретения и обработки знаний о формировании ее новых компонент с целью оптимизации использования водных ресурсов, их мониторинг, прогнозирование изменения уровней, запасов и качества подземных вод, а также выработка рекомендаций по проведению природоохранных мероприятий [Петин А.Н. 2013, Петина М.А. 2010, Черноморец А.А. 2016].

В общем виде процесс обработки гидрогеологической информации представлен на рис. 3.

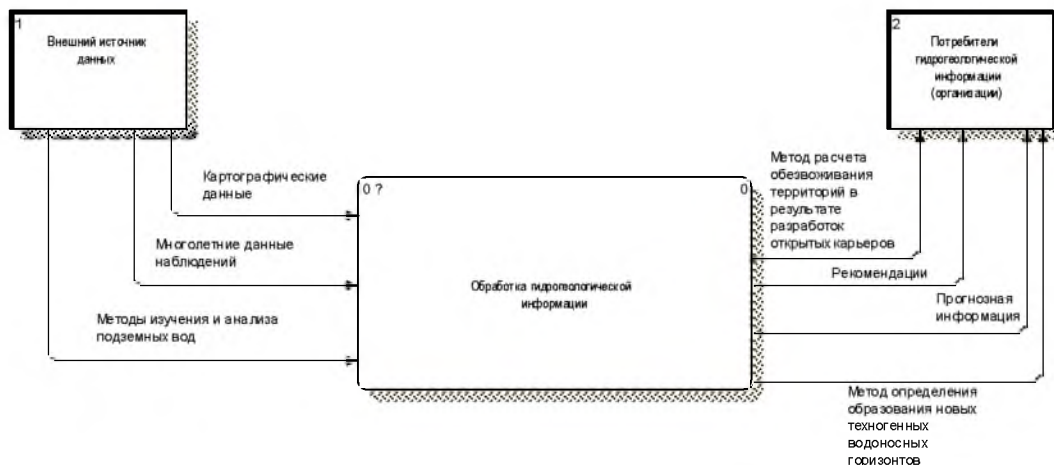


Рис. 3. Обработка гидрогеологической информации
Fig. 3. Hydrogeological information processing

Рассмотрим процесс приобретения и обработки знаний о формировании новой гидрогеологической среды в районе воздействия горнопромышленного комплекса (метод расчета обезвоживания территорий в результате разработок открытых карьеров и метод определения образования новых техногенных водоносных горизонтов).

Взаимосвязь разнообразных процессов получения и обработки знаний о формировании новой гидрогеологической среды целесообразно описать в виде технологии приобретения и обработки знаний на основании картографической информации, данных многолетних наблюдений и методов изучения и анализа подземных вод с учетом особенностей рассматриваемой территории.

Процесс обработки гидрогеологической информации включает в себя предварительную обработку данных, полученных из внешнего источника, обработку гидрогеологической информации с использованием методов, а так же разработку рекомендаций по проведению природоохранных мероприятий и прогноз состояния подземных вод (рис. 4).

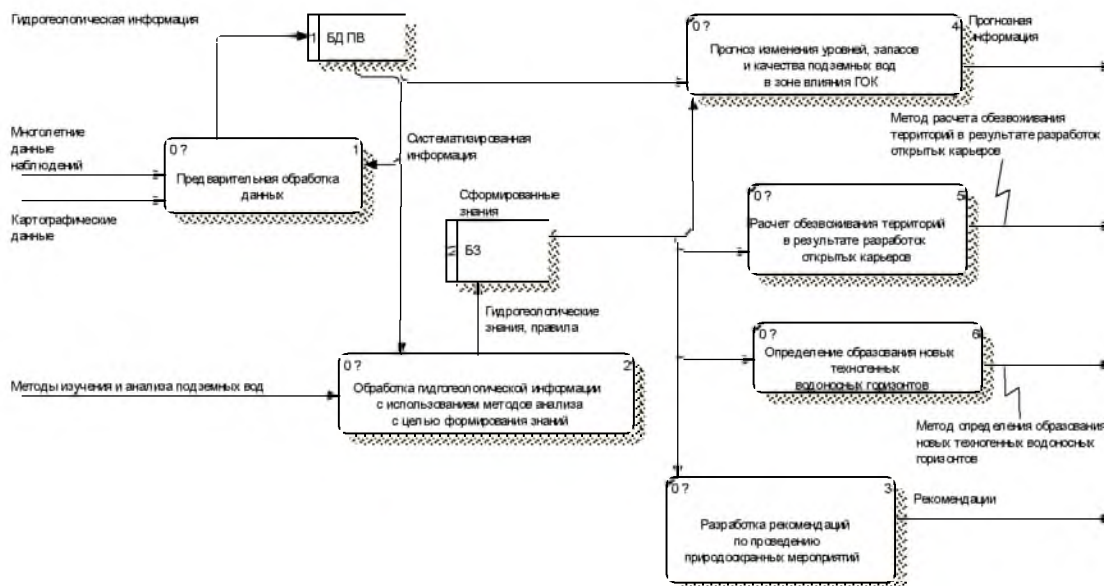


Рис. 4. Декомпозиция контекстной диаграммы «Обработка гидрогеологической информации»
Fig. 4. Decomposition of context diagram "Hydrogeological information processing"

После предварительной обработки гидрогеологическая информация поступает в базу данных. Для последующей обработки информация поступает в блок «Обработка гидрогеологической информации с использованием методов анализа» с целью получения знаний о формировании новой гидрогеологической среды. Полученные знания и правила хранятся в базе знаний. Они предназначены для составления прогнозной информации, разработки рекомендаций по проведению природоохранных мероприятий, и применения в методах расчета обезвоживания территорий в результате разработок открытых карьеров на основе разработанной математической модели динамики распространения подземных вод и определения образования новых техногенных водоносных горизонтов в условиях вновь создаваемых прудов-накопителей (хвостохранилищ) и сброса в них различных объемов пульпы.

Рассмотрим более детально процесс предварительной обработки данных. Для решения задачи о формировании новой гидрогеологической среды, прежде всего, необходимо произвести выбор количественных, качественных и полуколичественных показателей для последующей их обработки и передачи в базу данных [Горбаченко В.И. 2012] (рис. 5).

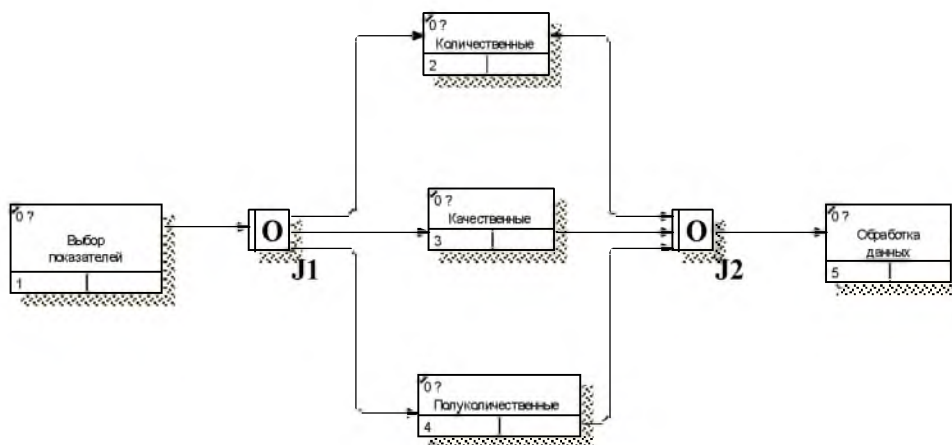


Рис. 5. Предварительная обработка данных
Fig. 5. Data pre-processing

Далее рассмотрим процесс обработки гидрогеологической информации с использованием методов анализа с целью формирования знаний и правил (рис. 6).

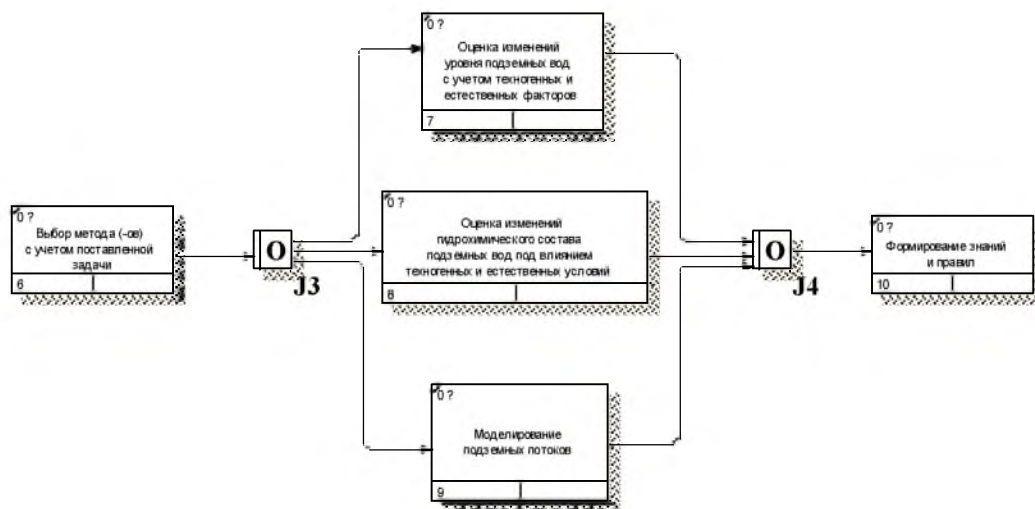


Рис. 6. Обработка гидрогеологической информации с использованием методов анализа с целью формирования знаний
Fig. 6. Processing of hydrogeological information using methods of analysis with the purpose of formation of knowledge

На основании информации, поступившей из базы данных, происходит выбор методов в зависимости от поставленной задачи. Для решения задачи о формировании новой гидрогеологической среды также необходимо произвести выбор следующих методов: оценка изменений уровня подземных вод с учетом техногенных и естественных факторов, оценка изменений гидрохимического состава подземных вод под влиянием техногенных и естественных условий и моделирова-



ние подземных потоков. На основании выбранных методов происходит формирование знаний и правил для базы знаний. Сформированные знания и правила поступают в базу знаний. База знаний содержит факты, описывающие проблемную область, а также логическую взаимосвязь этих фактов. Центральное место в базе знаний принадлежит правилам. Правило определяет, что следует делать в данной конкретной ситуации, и состоит из двух частей: условия, которое может выполняться или нет, и действия, которое следует произвести, если условие выполняется [Болотова Л.С. 2012, Жилияков Е.Г. 2012, Рассел С. 2015].

Знания представлены в виде предложений типа «если (условие), то (действие)». Например, «если (испарение превышает осадки), то (уровень грунтовых вод понижается)», «если (водоносный горизонт отличается большой фильтрационной неоднородностью), то (движение воды имеет смешанный характер)».

Выводы. База знаний позволяет определять, модифицировать и пополнять знания о формировании новой гидрогеологической среды.

Предлагаемые в работе модели и методы обработки знаний о состоянии гидрогеологической среды позволяют создать новые описания гидродинамических свойств и отношений между объектами гидрогеологической среды, обеспечивая в дальнейшем возможность создания сложных систем высокого уровня моделирования динамики подземных вод.

Разработанные методы приобретения и обработки знаний о формировании новой гидрогеологической среды обеспечат анализ знаний об изменениях состояния подземных вод в результате воздействия различных антропогенных факторов, позволяющий прогнозировать изменение состояний водных объектов, их обезвоживание и загрязнение.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-07-00451.

Список литературы References

- Болотова Л. С. 2012. Системы искусственного интеллекта: модели и технологии, основанные на знаниях. М. : Финансы и статистика, 664.
- Bolotova L. S. 2012. Sistemyi iskusstvennogo intellekta: modeli i tehnologii, osnovannyye na znaniyah. M.: Finansyi i statistika, 664. [Artificial Intelligence Systems: Models and technologies based on knowledge. M.: Finance and Statistics], 664.
- Горбаченко В.И., Убиенных Г. Ф., Бобрышева Г.В. 2012. Проектирование информационных систем с СА ERwin Modeling Suite 7.3. Пенза: Изд-во ПГУ, 154.
- Gorbachenko V.I., Ubiennyih G. F., Bobrysheva G.V. 2012. Proektirovanie informatsionnyih sistem s SA ERwin Modeling Suite 7.3. Penza: Izd-vo PGU, 154. [Design of information systems with CA ERwin Modeling Suite 7.3. Penza: Izd PSU], 154.
- Жилияков Е.Г., Черноморец А.А., Болгова Е.В., Заливин А.Н. 2012. О технологии приобретения и обработки знаний о земной поверхности на основе данных дистанционного зондирования Земли. Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. 7(126): 142-147.
- Zhilyakov E.G., Chernomorets A.A., Bolgova E.V., Zalivin A.N. 2012. O tehnologii priobreteniya i obrabotki znaniy o zemnoy poverhnosti na osnove dannyih distantsionnogo zondirovaniya Zemli. Nauchnye vedomosti BelGU. Istorija. Politologija. Ekonomika. Informatika. [On the technology of acquiring and processing knowledge about the Earth's surface based on remote sensing data. Belgorod State University Scientific Bulletin. History Political science Economics Information technologies] 7(126): 142-147.
- Корнилов А.Г., Кичигин Е.В., Колмыков С.Н., Новых Л.Л., Дроздова Е.А., Петин А.Н., Присный А.В., Лазарев А.В., Колчанов А.Ф. 2015. Экологическая ситуация в районах размещения горнодобывающих предприятий региона курской магнитной аномалии. Белгород, ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 157
- Kornilov A.G., Kichigin E.V., Kolmyikov S.N., Novyih L.L., Drozdova E.A., Petin A.N., Prisnyiy A.V., Lazarev A.V., Kolchanov A.F. 2015. Ekologicheskaya situatsiya v rayonah razmescheniya gornodobyivayuschih predpriyatij regiona kurskoj magnitnoy anomalii. Belgorod, ID «Belgorod» NIU «BelGU» [The ecological situation in the areas where mining companies in the region of the Kursk magnetic anomaly. Belgorod ID "Belgorod" NIU "BSU"] 157
- Корнилов И.А., Колмыков С.Н., Петин А.Н. 2012. Оценка степени воздействия горнодобывающих предприятий КМА на гидроэкологическую ситуацию Белгородской области. Горный журнал. 9: 29-31.
- Kornilov I.A., Kolmyikov S.N., Petin A.N. 2012. Otsenka stepeni vozdeystviya gornodobyivayuschih predpriyatij KMA na gidroekologicheskuyu situatsiyu Belgorodskoy oblasti. Gornyy zhurnal. 9: 29-31. [Assessment of the impact of mining enterprises of Kursk Magnetic Anomaly on the hydroecological situation of Belgorod region. Mining Journal]. 9: 29-31.
- Петин А.Н., Киреева-Гененко И.А., Лопина Е.М., Симонова М.А. 2016. Техногенная трансформация геологической среды и экологическая ситуация в Старооскольско-Губкинском горнопромышленном районе КМА. Современные тенденции развития науки и технологий. 7-1: 69-72.
- Petin A.N., Kireeva-Genenko I.A., Lopina E.M., Simonova M.A. 2016. Tehnogennaya transformatsiya geologicheskoy sredy i ekologicheskaya situatsiya v Starooskolsko-Gubkinskom gornopromyshlennom rayone KMA. Sovremennyye tendentsii razvitiya nauki i tehnologii. 7-1: 69-72. [Technogenic transformation of the geological environ-

ment and the environmental situation in Stary Oskol, Gubkin KMA mining area. Modern trends in the development of science and technology]. 7-1: 69-72.

Петин А.Н., Крамчанинов Н.Н., Погорельцев И.А., Уколов И.М. 2013. Оценка техногенного воздействия на подземные воды в зоне влияния Старооскольско-Губкинского промышленного комплекса. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 15 (3-3): 949-953.

Petin A.N., Kramchaninov N.N., Pogoreltsev I.A., Ukolov I.M. 2013. Otsenka tehnogenogo vozdeystviya na podzemnyye vody v zone vliyaniya Starooskolsko-Gubkinskogo promyshlennogo kompleksa. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. 15 (3-3): 949-953. [Assessment of anthropogenic impact on groundwater in the area of influence of Stary Oskol Gubkin-industrial complex. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 15 (3-3): 949-953.

Петина М.А. 2010. Использование геоинформационных технологий в системах поддержки принятия решений при управлении водными ресурсами (на примере Белгородской области) Научные ведомости БелГУ. Сер. Естественные науки. 21 (13): 150-156.

Petina M.A. 2010. Ispolzovanie geoinformatsionnykh tehnologiy v sistemah podderzhki prinyatiya resheniy pri upravlenii vodnymi resursami (na primere Belgorodskoy oblasti) Nauchnye vedomosti BelGU. Estestvennyye nauki [Use of geoinformation technologies in decision support systems in water management (for example, the Belgorod region) Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences] 21 (13): 150-156.

Рассел С., Норвиг П. 2015. Искусственный интеллект. Современный подход. Пер. с англ. М., Вильямс, 1408.

Rassel S., Norvig P. 2015. Iskusstvennyy intellekt. Sovremennyiy podhod. Per. s angl. M., Vilyams, 1408. [Artificial Intelligence. The modern approach. Trans. from English. M. Williams], 1408.

Черноморец А.А., Болгова Е.В., Петина М.А. 2016. О математических моделях анализа состояния подземных вод горнодобывающего узла. Современные тенденции развития науки и производства. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. Западно-Сибирский научный центр; Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева. 275-278.

Chernomorets A.A., Bolgova E.V., Petina M.A. 2016. O matematicheskikh modelyakh analiza sostoyaniya podzemnykh vod gornodobyivayuschego uzla. Sovremennyye tendentsii razvitiya nauki i proizvodstva. Sbornik materialov III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Zapadno-Sibirskiy nauchnyy tsentr; Kuzbasskiy gosudarstvennyy tehniicheskiy universitet imeni T.F. Gorbacheva. [About the mathematical models analysis of groundwater mining site. Modern trends in the development of science and industry. The collection of materials of the III International Scientific and Practical Conference. West-Siberian Research Center; Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev] 275-278