

Код МРНТИ 38.61.03:20.23.27

В.А. Смоляр, Е.Ж. Муртазин, *О.Л. Мирошниченко, Л.Ю. Трушель

Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

ФОРМИРОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ТЕРМОМИНЕРАЛЬНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА

Аннотация. Описывается геоинформационная система промышленных и термоминеральных вод Западного Казахстана, созданная в среде ArcGIS. На картах промышленных вод отражены провинции и области, выделенные с учетом гидрогеологических структур, и результаты мониторинга. На картах минеральных вод показаны провинции и территории распространения минеральных вод основных бальнеологических групп, месторождения и проявления минеральных вод, температурные зоны термоминеральных вод, данные мониторинга. Атрибутами графических объектов являются записи таблиц базы семантических данных. В виде диаграмм представлены естественные запасы геотермальных вод отдельных гидрогеологических структур. Созданная геоинформационная система включена в единую систему ресурсов подземных вод Казахстана. Обзор зарубежных исследований доказывает эффективность использования информационных систем в гидрогеологии.

Ключевые слова: геоинформационные системы, промышленные воды, минеральные воды, ресурсы подземных вод, месторождение, естественные запасы.

Батыс Қазақстанның термоминералды және өнеркәсіптік жерасты суларының геоақпараттық жүйесін қалыптастыру

Аңдатпа. ArcGIS ортасында құрылған Батыс Қазақстандағы өнеркәсіптік және термоминералды сулардың геоақпараттық жүйесі сипатталады. Өнеркәсіптік сулардың картасында гидрогеологиялық құрылымдарын ескере отырып бөліп көрсетілген провинциялар мен облыстар және мониторинг нәтижелері көрсетілген. Минералды сулардың карталарында негізгі бальнеологиялық топтағы минералды сулардың таралу аумағы мен провинциялары, кен орындары, минералды сулардың көріністері, термоминералды сулардың температуралық аймақтары, мониторинг деректері көрсетілген. Семантикалық деректер базасы кестесіндегі жазбалар графикалық нысандардың атрибуттарды болып табылады. Жекелеген гидрогеологиялық құрылымдардың геотермалды суларының табиғи қоры диаграммалар түрінде берілген. Құрылған геоақпараттық жүйе Қазақстанның жерасты сулары қорының бірыңғай жүйесіне енгізілген. Шетелдік зерттеулер шолуы гидрогеологияда ақпараттық жүйелерді пайдалану тиімділігін дәлелдеп отыр.

Түйінді сөздер: геоақпараттық жүйелер, деректер базасы, өнеркәсіптік сулар, минералды сулар, жерасты суларының қорлары, кен орны, табиғи ресурстар.

Formation of geoinformation system of thermomineral and industrial groundwater of Western Kazakhstan

Abstract. The geoinformation system of industrial and thermomineral groundwater of Western Kazakhstan, created in the ArcGIS environment, is described. The industrial water maps reflect the provinces and territories highlighted in terms of hydrogeological structures and monitoring results. Mineral water maps show provinces and territories with the distribution of mineral waters of the main balneological groups, mineral water deposits and occurrences, temperature zones of thermomineral waters, and monitoring data. The attributes of the graphic objects correspond to the entries in the tables of the semantic database. The natural reserves of geothermal waters of individual hydrogeological structures are presented in the form of diagrams. The created geoinformation system is included in the unified system of groundwater resources of Kazakhstan. The review of foreign studies proves the efficiency of the use of information systems in hydrogeology.

Keywords: geoinformation systems, databases, industrial waters, mineral waters, groundwater resources, deposit, natural resources, hydrogeological structures, graphic objects, temperature zones, diagrams.

Введение

С целью интенсификации процесса изучения подземных вод, оценки их взаимодействия с различными компонентами природной и техногенной сред используются геоинформационные технологии, отличающиеся функциональным разнообразием и возможностью накопления и использования больших объемов данных.

Изучение промышленных и термоминеральных вод в разных странах мира предполагает создание электронных карт областей их распространения, баз данных месторождений и проявлений подземных вод.

Предложена методика региональной оценки ресурсов промышленных и минеральных вод России

с использованием информационных систем¹. Накопление картографических материалов осуществляется геологическими службами США, Канады, Испании и других стран^{2, 3}. Построению карт термоминеральных вод на основе многокритериальной классификации посвящены работы ученых Южной Кореи и Китая. Для территории Мексики выполнено картирование геотермальных зон [1-4].

В настоящее время в Институте гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина создана информационная система «Подземные воды Казахстана». Она аккумулирует сведения о подземных водах и связанных с ними компонентах внешней среды [5].

Система включает оперативную информацию – новые данные об эксплуатационных запасах месторождений пресных и минеральных подземных вод, данные о состоянии промышленных и термальных вод, результаты мониторинга подземных вод, актуальные экологические данные о состоянии поверхностных водных источников, почв. Наряду с этим введены архивные гидрогеологические материалы.

Все материалы, наполняющие систему, отличаются по форме представления. Как правило, в гидрогеологических исследованиях используются картографические, табличные и неструктурированные текстовые данные. В связи с этим выделены основные

¹Язвин А.Л. Ресурсный потенциал пресных подземных вод России (решение современных проблем геологического изучения). / Дисс... д-ра геол.-минерал. наук. 25.00.07 – Гидрогеология. – Москва, 2015. – 323 с.

²Атлас подземных вод США. <https://pubs.er.usgs.gov/publication/ha730>

³Alberta Geological Survey. Lithium Content in Groundwater and Formation Water in Alberta (tabular data, tab-delimited format). <https://ags.aer.ca/publication/dig-2019-0029>

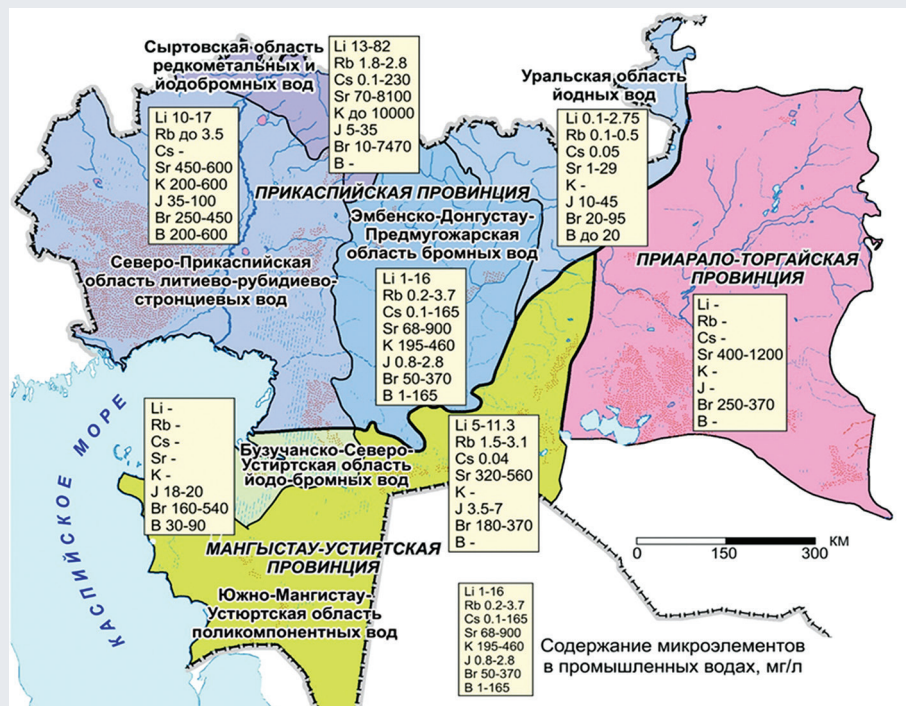


Рис. 1. Карта промышленных вод Западного Казахстана.
Сурет 1. Батыс Қазақстанның өндірістік суларының картасы.
Figure 1. Map of Western Kazakhstan industrial waters.

составные части информационной системы «Подземные воды Казахстана» – база графических данных, база семантических данных и база документов.

Создаваемая информационная система включает материалы о разных типах подземных вод, в том числе блок со сведениями о минеральных и промышленных подземных водах Казахстана, их распространении, месторождениях.

Методы исследования

Традиционно, по характеру использования можно выделить следующие виды подземных вод: питьевые и технические; лечебные минеральные воды; теплоэнергетические; промышленные воды. Питьевые и технические воды применяются для хозяйственно-питьевого и производственно-технического водоснабжения, орошения земель и обводнения пастбищ. Лечебными минеральными водами являются воды, используемые в бальнеологических целях и в качестве столовых напитков. Теплоэнергетические воды используются для теплоснабжения промышленных,

сельскохозяйственных и гражданских объектов. Промышленные воды содержат ценные химические компоненты или соединения в количествах, обеспечивающих

по экономическим показателям их рентабельную добычу и переработку.

Процесс изучения промышленных и термоминеральных подземных вод невозможен без использования специализированных карт. Для их построения привлекается значительный объем как гидрогеологических материалов, так и данных из смежных областей знания – геологии, географии, метеорологии. Для снижения трудоемкости и повышения точности исследований целесообразно организовать все накопленные сведения в единую геоинформационную базу данных термоминеральных и промышленных подземных вод, создаваемую на основе геоинформационных систем (ГИС). Следует отметить, что создаваемая база данных является частью единой системы подземных вод Казахстана, что позволяет использовать для формирования карт ранее собранные сведения.

По способу хранения информации все сведения размещаются в связанных между собой базах документов, семантических и графических данных⁴. База документов содержит первичные текстовые



Рис. 2. Карта содержания стронция в подземных водах (по результатам полевых исследований).
Сурет 2. Жер асты суларындағы стронций мөлшерінің картасы (далалық зерттеулер нәтижелері бойынша).
Figure 2. Map of strontium content in groundwater (based on the field studies results).

⁴Веселов В.В., Паничкин В.Ю. Геоинформационно-математическое моделирование гидрогеологических условий Восточного Приаралья. – Алматы: Комплекс, 2004. – 426 с.

и картографические материалы. Базу семантических данных составляют упорядоченные таблицы, включающие структурированную числовую и текстовую информацию. Пространственные данные, реализованные в виде геоинформационной системы, составляют базу графических данных. Базы графических и семантических данных связаны через идентификатор. Записи таблиц выступают в качестве атрибутов графических объектов. База графических данных сформирована на базе геоинформационной системы ArcGIS. База семантических данных поддерживается средствами Excel.

По времени создания все представленные в геоинформационной базе сведения делятся на архивные, в основе которых лежат отчеты и публикации специализированных организаций, и оперативные, представленные материалами, получаемыми в режиме реального времени – результатами полевых исследований, данными мониторинга.

Результаты

Карты промышленных вод. Основным показателем промышленных вод является содержание ценных компонентов (лития, рубидия, стронция, йода, брома). Районирование промышленных вод проводится на основе геоструктурного признака, в соответствии с которым элементами районирования являются платформенные артезианские и горно-складчатые области. Выделяют провинции и области подземных промышленных вод.

Для создания карты промышленных вод геоинформационная система должна содержать следующие данные: геологическую и тектоническую карты региона; гидрогеологическую карту и гидрогеологические разрезы; карту гидрогеологического районирования; карту фактического материала с указанием точек опробования подземных вод.

С использованием указанных данных сформированы и введены в информационную систему карты промышленных подземных вод.

На них представлены: провинции и области промышленных вод; данные мониторинга подземных вод, полученные по архивным материалам и по результатам полевых исследований последних лет.

На основе введенных в систему сведений сформированы тематические карты промышленных вод территории Западного Казахстана – карта районирования промышленных вод, карта распространения промышленных вод (по архивным

данным), карта содержания химических элементов в подземных водах (по данным полевых исследований)⁵. На картах отображены связанные с полигонами атрибутивные данные – концентрации химических элементов (литий, рубидий, цезий, стронций, калий, йод, бром, бор). Классификация точечных объектов выполнена в соответствии с содержанием элементов в воде (рис. 1).

Для отображения данных мониторинга подземных вод Западного

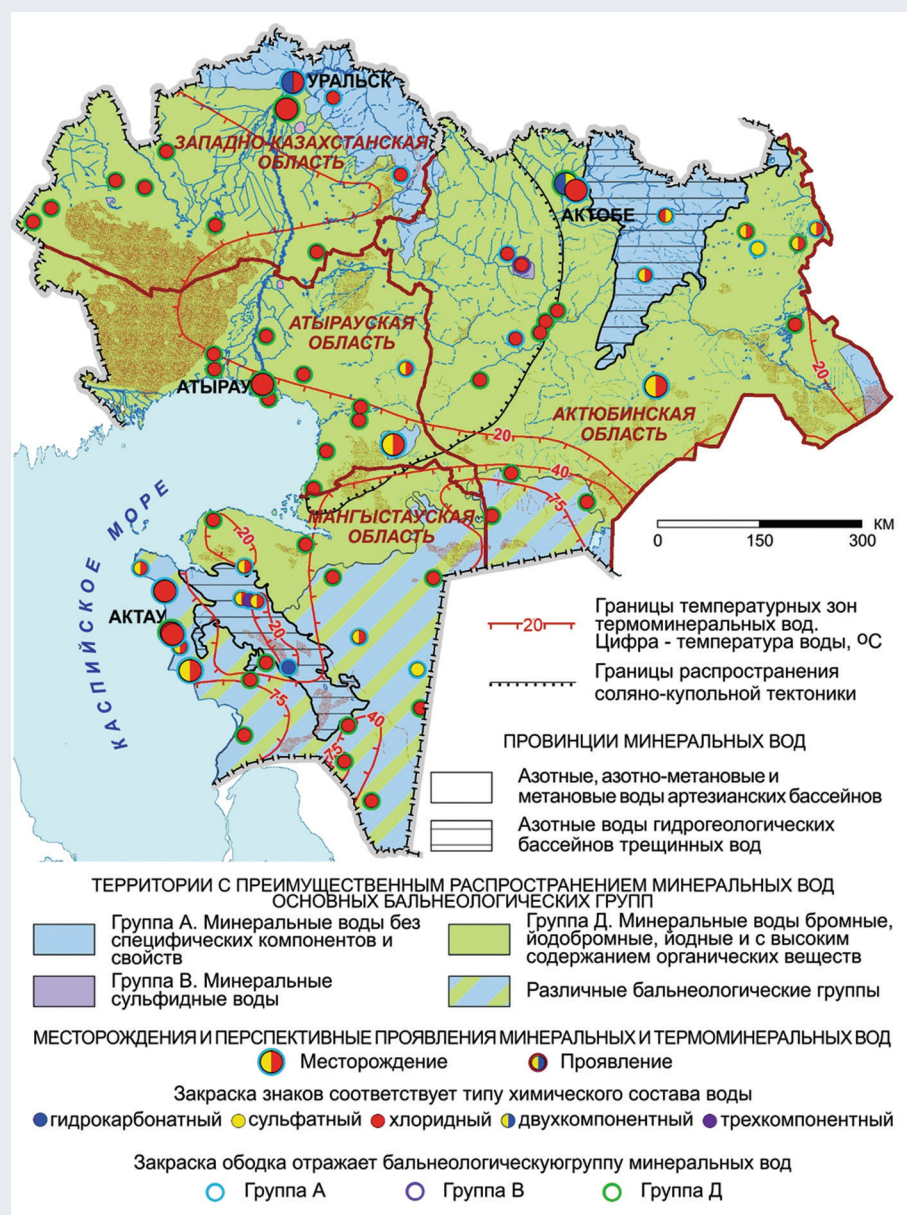


Рис. 3. Карта минеральных подземных вод Западного Казахстана. Сурет 3. Батыс Қазақстанның минералды жер асты суларының картасы.

Figure 3. Map of Western Kazakhstan mineral groundwater.

⁵ Абсаматов М.К., Муртазин Е.Ж., Кан С.М., Исабеков Р.Б., Шагарова Л.В. Промышленные воды и оценка загрязнения нефтегазоносной среды регионов Казахстана. – Алматы, 2017. – 128 с.

Казахстана, полученных по архивным материалам и по результатам полевых исследований, используются тематические карты. Они содержат точечные объекты, соответствующие местам опробования подземных вод. База семантических данных пополнена таблицами с результатами химических анализов воды, в т. ч. данными о концентрациях в пробах воды химических элементов (лития, стронция, брома, йода и др.). Графические объекты были связаны с семантическими таблицами, в результате чего последние стали играть роль атрибутивной информации. Выполнена классификация объектов по величине содержания элементов (рис. 2).

Карты минеральных и термоминеральных вод. К минеральным⁶ относят воды с содержанием твердых растворенных веществ более 1 г/л или отличающиеся от пресных наличием ценных с фармакологической точки зрения ингредиентов, или температура которых превышает 20°C.

Основными характеристиками минеральных вод являются: величина минерализации воды, наличие газов, химический состав – анионный и катионный, содержание микроэлементов, температура.

Карты обычно включают области распространения различных бальнеологических групп и провинций минеральных вод. Важнейшим элементом карты минеральных вод является месторождение. Следует отметить, что при создании карт использованы результаты химического анализа воды не только месторождений, но и проявлений минеральных вод. Последние можно рассматривать как косвенный признак перспективности той или иной территории на наличие минеральных подземных вод (рис. 3).

Необходимо подчеркнуть, что карты отражают субъективный взгляд ученого-исследователя на природные гидрогеологические процессы. На основе анализа информации о качественных характеристиках подземных вод, а также уточненной схемы

гидрогеологического районирования была сформирована карта минеральных и термоминеральных вод Западного Казахстана. Значительно повышает визуальное восприятие информации одновременное использование нескольких оснований для классификации.

Также в базу данных введены карты естественных запасов термоминеральных вод Прикаспийской впадины и Мангышлак-Устиртской системы, территориально входящих в состав Западного Казахстана, на которых диаграммами показаны величины запасов по температурным зонам⁵ [6] (рис. 4).

Для визуализации результатов полевых исследований в геоинформационную систему были введены точки опробования подземных вод, с каждой из которых были связаны данные химического состава воды и температуры (рис. 5).

Обсуждение результатов

Таким образом, информационная система подземных вод

республики пополнена данными о состоянии промышленных и минеральных вод Западного Казахстана. Рассмотрение данных, относящихся к промышленным и термоминеральным водам, совместно с накопленными данными о подземных водах в целом и их взаимосвязи с внешней средой, позволяет решать многие теоретические и практические задачи гидрогеологии. Значительно повышает точность и снижает трудоемкость работ возможность совместного использования графических и семантических данных. Создаваемую информационную систему характеризует открытость, способность накапливать данные, отражающие зачастую противоречивые мнения исследователей на одну проблему. Это позволяет значительно повысить достоверность результатов решения различных гидрогеологических задач.

Следует отметить, что планируется пополнить систему данными

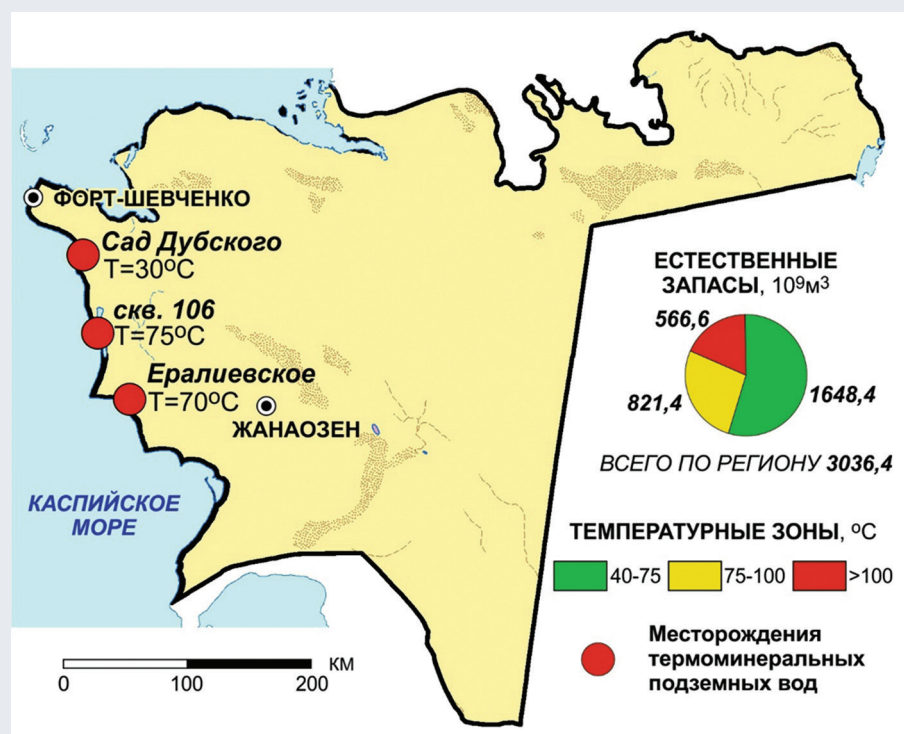


Рис. 4. Карта естественных запасов термальных вод Мангышлак-Устиртской системы.

Сурет 4. Маңғышлақ-Устірт жүйесінің термалды суларының табиғи қорларының картасы.

Figure 4. Map of natural reserves of Mangyshlak-Ustirt system thermal waters.

⁶Посохов Е.А., Толстихин Н.И. Минеральные воды (лечебные, промышленные, энергетические). – Л.: Недра, 1977. – 240 с.

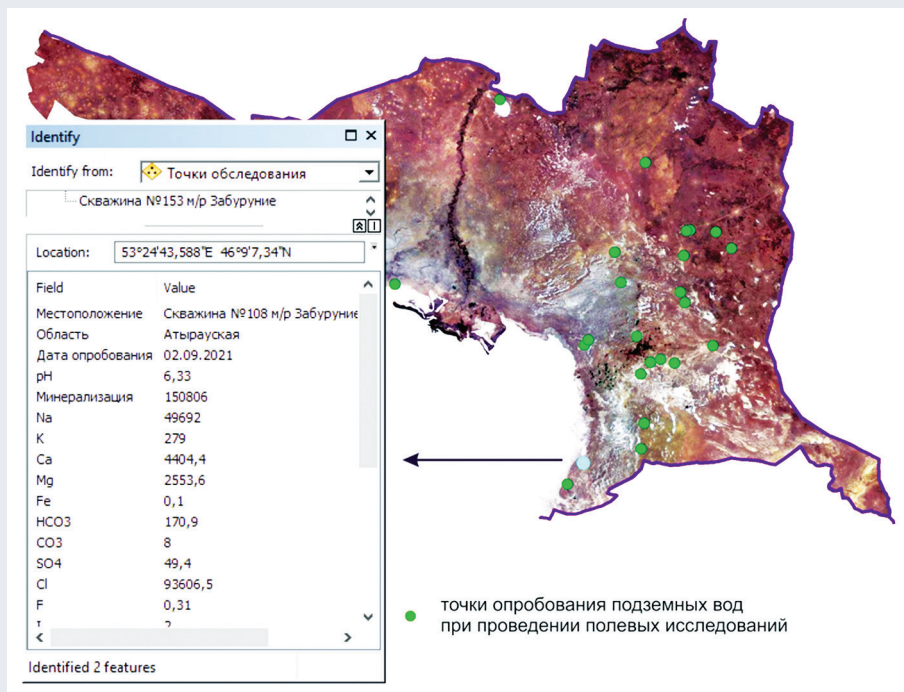


Рис. 5. Визуализация данных химического состава воды в точках опробования (по результатам полевых исследований).

Сурет 5. Сынама алу нүктелеріндегі судың химиялық құрамы туралы мәліметтерді визуализациялау (далалық зерттеулердің нәтижелері бойынша).

Figure 5. Visualization of data on the chemical composition of water at sampling points (according to the results of field studies).

о состоянии промышленных и минеральных вод других регионов Казахстана.

Заключение

В заключение необходимо отметить, что созданная геоинформационная система промышленных и минеральных подземных вод

включена в единую систему ресурсов подземных вод Казахстана.

В зависимости от типа, информация размещена в базах графических и семантических данных, и в базе документов. Записи таблиц выступают в качестве атрибутов графических объектов.

Карты промышленных вод сформированы с использованием информации о гидрогеологических структурах, данных мониторинга подземных вод. Результаты мониторинга классифицированы в соответствии с содержанием химических элементов в подземных водах и представлены в виде тематических карт.

Карты минеральных вод созданы на основе данных о химическом составе воды разведанных месторождений и проявлений, данных мониторинга подземных вод. На них приведены области распространения провинций минеральных вод и основных бальнеологических групп, изотермы термоминеральных вод.

Представляется целесообразным использование диаграмм для визуализации естественных запасов термальных вод для различных гидрогеологических структур.

Совместное использование накопленных сведений, их анализ с применением геоинформационных технологий открывает перспективы получения новых сведений о подземных водах, в частности, о промышленных и минеральных водах.

Все сведения о промышленных и минеральных подземных водах, наполняющие геоинформационную систему, могут использоваться в процессе решения различных теоретических и практических гидрогеологических задач.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ebrahimi P., Guarino A., Allocca V., Caliro S., Avino R., Bagnato E., Capecchiacci F., Carandente A., Minopoli C., Santi A., Albanese S. Интерпретация гидрогеохимического состава подземных вод на основе иерархической кластеризации и анализа данных применительно к вулканическому водоносному горизонту Campi Flegrei (Южная Италия). // Журнал геохимических исследований. – 2022. – Т. 233. – С. 106922 (на английском языке)
2. Valjarević A., Srećković-Batočanin D., Valjarević D., Matović V. Анализ наилучшего использования источников термальных и минеральных вод с использованием ГИС в муниципалитете Kursumljia (Сербия). // Обзор возобновляемых и экологически устойчивых источников энергии. – 2018. – Т. 92. – С. 948-957 (на английском языке)
3. Lee J.M., Koh D.C., Chae G.T., Kee W.S., Ko K.S. Интегрированная оценка в национальном масштабе геохимического состава и геологических условий традиционных природных источников минеральных вод Южной Кореи. // Гидрологический журнал. – Т. 598. – С. 126249 (на английском языке)
4. Perez-Zarate D., Prol-Ledesma R.M., Rodríguez-Díaz A.A., Jacome-Paz M.P., González-Romo I.A. Газовый состав, гидрогеохимия и мультикомпонентная геотермометрия термальных источников La Escalera, Мексика. // Прикладная Геохимия. – 2022. – Т. 139. – С. 105256 (на английском языке)

5. Муртазин Е.Ж., Мирошниченко О.Л., Трушель Л.Ю., Смоляр В.А., Мирлас В.М. Создание компьютерных макетов карт обеспеченности Казахстана подземными водами. // Известия Академии Наук Республики Казахстан. Серия Геологии и технических наук. – 2020. – №2(440). – С. 114-122 (на английском языке)
6. Абсаметов М.К., Касымбеков Д.А., Муртазин Е.Ж. Перспективы освоения гидрогеотермальных и гидрогеоминеральных ресурсов Казахстана. // Известия Томского Политехнического Университета. – 2014. – Т. 325. – №1. – С. 110-118 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН КӨЗДЕР ТІЗІМІ

1. Ebrahimi P., Guarino A., Allocca V., Caliro S., Avino R., Bagnato E., Capecchiacci F., Carandente A., Minopoli C., Santi A., Albanese S. Campi Flegrei вулкандық сулы горизонтқа қатысты иерархиялық кластерлеу және деректерді талдау негізінде жер асты суларының гидрогеохимиялық құрамын түсіндіру (Оңтүстік Италия). // Геохимиялық зерттеулер журналы. – 2022. – К. 233. – Б. 106922 (ағылшын тілінде)
2. Valjarević A., Srećković-Batočanin D., Valjarević D., Matović V. Курсумлија муниципалитетінде (Сербия) географиялық ақпараттық жүйелерді пайдалана отырып, термалды және минералды су көздерін тиімді пайдалануды талдау. // Жаңартылатын және тұрақты энергия көздеріне шолу. – 2018. – К. 92. – Б. 948-957 (ағылшын тілінде)
3. Lee J.M., Koh D.C., Chae G.T., Kee W.S., Ko K.S. Оңтүстік Кореяның минералды суларының дәстүрлі табиғи көздерінің геохимиялық құрамы мен геологиялық жағдайын кешенді ұлттық шкаламен бағалау. // Гидрологиялық журнал. – К. 598. – Б. 126249 (ағылшын тілінде)
4. Perez-Zarate D., Prol-Ledesma R.M., Rodríguez-Díaz A.A., Jacome-Paz M.P., González-Romo I.A. La Escalera (Мексика) термалды бұлақтарының газ құрамы, гидрогеохимиясы және көпкомпонентті геотермометриясы. // Қолданбалы геохимия. – 2022. – К. 139. – Б. 105256 (ағылшын тілінде)
5. Муртазин Е.Ж., Мирошниченко О.Л., Трушель Л.Ю., Смоляр В.А., Мирлас В.М. Қазақстанның жерасты суларымен қамтамасыз ету картасының компьютерлік пішіндерін құрастыру. // Жаңалықтар Қазақстан Республикасы Ұлттық Ғылым Академиясы. Геология сериялары және техникалық ғылымдар. – 2020. – №2(440). – Б. 114-122 (ағылшын тілінде)
6. Абсаметов М.К., Касымбеков Д.А., Муртазин Е.Ж. Қазақстанның гидрогеотермалды және гидрогеоминералдық ресурстарының даму перспективалары. // Томск политехникалық университетінің хабаршысы. – 2014. – К. 325. – №1. – Б. 110-118 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Ebrahimi P., Guarino A., Allocca V., Caliro S., Avino R., Bagnato E., Capecchiacci F., Carandente A., Minopoli C., Santi A., Albanese S. Hierarchical clustering and compositional data analysis for interpreting groundwater hydrogeochemistry: The application to Campi Flegrei volcanic aquifer (south Italy). // Journal of Geochemical Exploration. – 2022. – Vol. 233. – P. 106922 (in English)
2. Valjarević A., Srećković-Batočanin D., Valjarević D., Matović V. A GIS-based method for analysis of a better utilization of thermal-mineral springs in the municipality of Kursumlja (Serbia). // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2018. – Vol. 92. – P. 948-957 (in English)
3. Lee J.M., Koh D.C., Chae G.T., Kee W.S., Ko K.S. Integrated assessment of major element geochemistry and geological setting of traditional natural mineral water sources in South Korea at the national scale. // Journal of Hydrology. – Vol. 598. – P. 126249 (in English)
4. Perez-Zarate D., Prol-Ledesma R.M., Rodríguez-Díaz A.A., Jacome-Paz M.P., González-Romo I.A. Soil gas flux, hydrogeochemistry and multicomponent geothermometry of thermal springs in the La Escalera geothermal prospect, Mexico. // Applied Geochemistry. – 2022. – Vol. 139. – P. 105256 (in English)
5. Murtazin Y.Z., Miroshnichenko O.L., Trushel L.Y., Smolyar V.A., Mirlas V.M. Creation of computer models of the maps of groundwater availability in Kazakhstan. // News of the Academy of Sciences of the Republic Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. – 2020. – №2(440). – P. 114-122 (in English)

6. *Absametov M.K., Kasymbekov D.A., Murtazin E.Zh. Perspektivy osvoeniya gidrogeotermal'nykh i gidrogeomineral'nykh resursov Kazakhstana [Prospects for the development of hydrogeothermal and hydrogeomineral resources of Kazakhstan]. // Izvestiya Tomskogo Politekhnicheskogo Universiteta = Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. – 2014. – Vol. 325. – №1. – P. 110-118 (in Russian)*

Сведения об авторах:

Смоляр В.А., д-р геол.-минерал. наук, главный научный сотрудник лаборатории региональной гидрогеологии и геоэкологии Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), v_smolyar@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9419-048X>

Муртазин Е.Ж., канд. геол.-минерал., заместитель директора Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), ye_murtazin@list.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7404-4298>

Мирошниченко О.Л., канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории моделирования гидродинамических и геоэкологических процессов Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), o_mirosh@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0057-6734>

Трушель Л.Ю., канд. геол.-минерал. наук, старший научный сотрудник лаборатории моделирования гидродинамических и геоэкологических процессов Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), lydmila_y_t@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9171-2761>

Авторлар туралы мәліметтер:

Смоляр В.А., геология-минералогия ғылымдарының докторы, Satbayev University, У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты, аймақтық гидрогеология және геоэкология зертханасының бас ғылыми қызметкері, (Алматы қ., Қазақстан)

Муртазин Е.Ж., геология-минералогия ғылымдарының кандидаты, Satbayev University, У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты директорының орынбасары (Алматы қ., Қазақстан)

Мирошниченко О.Л., техника ғылымдарының кандидаты, Satbayev University, У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты, гидродинамикалық және геоэкологиялық процестерді үлгілеу зертханасының жетекші ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)

Трушель Л.Ю., геология-минералогия ғылымдарының кандидаты, Satbayev University, У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты, гидродинамикалық және геоэкологиялық процестерді үлгілеу зертханасының аға ғылыми қызметкері (Алматы қ., Қазақстан)

Information about authors:

Smolyar V.A., Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Chief Researcher at the Laboratory of Regional Hydrogeology and Geoecology of the Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U.M. Akhmedsafin of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Murtazin Y.Z., PhD (Geological and Mineralogical Sciences), Deputy Director of the Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U.M. Akhmedsafin of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Miroshnichenko O.L., PhD (Technical Sciences), Leading Researcher of Laboratory of Modeling Hydrodynamic and Geoecological Processes of the Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U.M. Akhmedsafin of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Trushel L.Y., PhD (Geological and Mineralogical Sciences), Senior Researcher of Laboratory of Modeling Hydrodynamic and Geoecological Processes of the Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U.M. Akhmedsafin of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Исследования финансировались Министерством экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан (Грант №BR10262555) в рамках ЦНТП «Тепло-энергетический, минерально-сырьевой и лечебно-оздоровительный потенциал термоминеральных и промышленных подземных вод Казахстана. Оценка состояния и тенденций изменения гидрогеохимических показателей подземных вод под влиянием природно-климатических изменений и антропогенных нагрузок».