

В. Ю. ПАНИЧКИН, О. Л. МИРОШНИЧЕНКО, Ж. ЕРИКУЛЫ

(Институт гидрографии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина, г. Алматы)

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ

Аннотация. Рассматривается подход к автоматизации процесса построения карт специальных гидрогеологических параметров с использованием новейших информационных технологий.

Ключевые слова: подземные воды, гидрогеологическое картографирование, геоинформационная система.

Тірек сөздер: жерасты сулары, гидрогеологиялық карталандыру, геоаппараттық жүйе.

Keywords: groundwaters, hydrogeological map preparation, geoinformational systems.

В Институте гидрографии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина в течение ряда лет развиваются концепции и методика применения новейших информационных технологий в гидрогеологических исследованиях, в частности, в гидрогеологическом картографировании.

Карты являются основной формой представления результатов гидрогеологических исследований, процесс их построения требует больших затрат времени и труда. Автоматизировать рутинные процедуры при разработке различных типов специальных гидрогеологических карт и обеспечить качественный анализ первичных гидрогеологических материалов возможно только на основе применения новейших информационных технологий – геоинформационных систем, систем управления базами данных, методов дистанционного зондирования Земли, систем глобального позиционирования и т.д.

В статье рассматриваются подходы к автоматизации процесса построения карт специальных гидрогеологических параметров, изменение которых в пространстве подчиняется определенной закономерности. Характерной чертой таких карт является возможность их построения в изолиниях. В качестве примера можно привести карты гидроизогипс, глубин залегания грунтовых вод, эффективной мощности водоносных горизонтов, абсолютных отметок кровли и подошвы горизонтов и т.п.

Исходными данными для построения карт являются результаты буровых, горнопроходческих, опытно-фильтрационных работ, лабораторных исследований и т.д. Они представляют собой набор значений отображаемого на карте параметра в точках с известными географическими координатами. Требуется найти значения параметра во всех точках исследуемой области по заданному дискретному набору, иными словами, выполнить процедуру интерполяции. В ряде случаев

возникает необходимость проведения экстраполяции – нахождения значений параметра в точках, расположенных за пределами узлов интерполяции. Такая задача возникает, в частности, при создании математических моделей гидрогеологических объектов. В этом случае значения большинства параметров модели, например, абсолютных отметок выделенных в пространстве слоев, фильтрационных параметров, должны задаваться в каждый блок моделируемой области.

Для построения карты в изолиниях используют различные методы интерполяции – линейную интерполяцию, сплайны и др. [1]. Следует отметить, что процедура выбора метода интерполяции не поддается формализации. Рекомендации самого общего плана приводятся в [1, 2]. В монографии [3] для решения задач интерполяции физических полей предлагается использовать вариационный подход, согласно которому распределение, например, абсолютных отметок уровней подземных вод в водоносном горизонте описывается дифференциальным уравнением в частных производных. Решая его численным методом с помощью специальных программных средств определяют положение уровенной поверхности в узлах заданной сети. При ручном построении карт традиционно используется линейная интерполяция. С увеличением количества узлов интерполяции возрастает точность построенных карт. Поэтому зачастую использование только исходных экспериментальных данных, связанных с незначительным количеством точек, дает неудовлетворительный результат, что может привести к необоснованному разочарованию в возможностях используемых программных средств.

При построении карт гидрогеологических параметров вручную обычно привлекается большой объем дополнительной информации об изучаемом объекте, учитываются особенности гидрогеологических условий, а также тип картографируемого параметра. При неполноте исходных данных, которая является характерной чертой гидрогеологических исследований, определяющую роль играет субъективная трактовка имеющихся косвенных сведений и интуиция специалиста. От его квалификации в значительной степени зависят качество, точность и достоверность построенной карты.

К сожалению, в настоящее время, несмотря на развитие вычислительной техники и программных средств, нельзя говорить даже о возможности полной автоматизации процесса построения карт специальных гидрогеологических параметров. При определяющей роли субъективного фактора в интерпретации данных наиболее эффективным представляется комплексное использование ГИС-технологий и метода экспертных оценок.

Сущность предлагаемой методики построения карт специальных гидрогеологических параметров заключается в следующем. В первую очередь выбирается геоинформационная система со встроенными инструментами интерполяции или допускающая возможность использования средств интерполяции сторонних разработчиков. В настоящее время наиболее универсальной системой, обладающей широким набором средств интерполяции и построения карт в изолиниях по результатам интерполяции, является ArcGIS [2]. Возможно также использование MapInfo [4] или любой другой доступной аналогичной по функциональным возможностям программы. Реализовать вариационный подход к задачам интерполяции в гидрогеологических исследованиях можно с применением современных систем математического моделирования гидрогеологических процессов – GMS [5], ModTech [6], Eclipse [7] и др.

Подготовка исходных данных для построения карты гидрогеологического параметра выполняется с учетом требований имеющейся программы. Выбор метода интерполяции зависит от требований, предъявляемых к конечному распределению значений параметра в рамках всей области исследования. Например, значения уровней грунтовых вод должны точно совпадать со значениями в узлах интерполяции, в то время как допускается отклонение значений абсолютных отметок выделенных слоев модели при использовании сплайнов, поскольку целостное представление о литологическом строении объекта позволяет игнорировать некоторые частные проявления значений данного параметра. В некоторой степени регулировать процесс интерполяции можно с помощью выбора управляющих характеристик.

Результатом интерполяции точечных данных на регулярную сеть является набор сведений, содержащий значения параметра для каждого узла сети. Следует отметить, что область интерполяции может иметь любую форму. В дальнейшем при использовании результатов для моделирования создается матрица параметра, в которой область отсутствия сведений отмечается как неактивная. Представление результатов в виде карты изолиний дает возможность визуально оценить

качество интерполяции, поэтому требуется грамотно выбирать шаг и пределы изменения веса отображаемых изолиний, коэффициент сглаживания и т.п.

Экспертная оценка и анализ полученных результатов выполняются средствами ГИС с привлечением всей необходимой, в том числе косвенной информации о гидрогеологическом объекте. Этот этап практически не формализуем, поэтому определяющая роль в принятии решения принадлежит эксперту. По результатам анализа принимается решение об изменении метода интерполяции и шага регулярной сети, привлечении дополнительных сведений об объекте и обработке результатов интерполяции и т.п. После получения удовлетворительных результатов интерполяции построенная карта оформляется в соответствии с требуемым стандартом.

Алгоритм автоматизированного построения карт гидрогеологических параметров в изолиниях с использованием ГИС-технологий и метода экспертных оценок показан на рисунке 1.

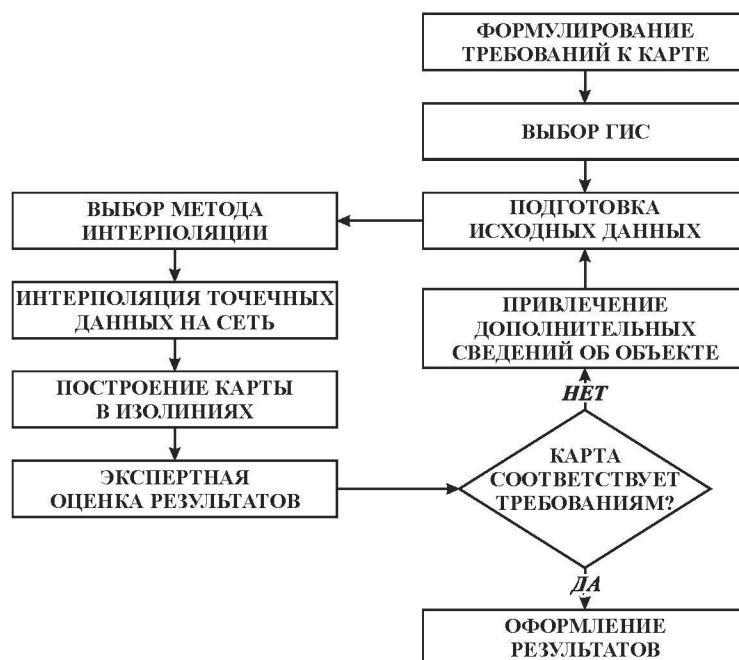


Рисунок 1 – Алгоритм автоматизированного построения карт гидрогеологических параметров в изолиниях

Автоматизированная технология построения карт гидрогеологических параметров разрабатывалась и совершенствовалась в процессе создания геоинформационно-математической модели гидрогеологических условий Сырдарынского артезианского бассейна [8]. Исследования выполнялись по бюджетной программе «Грантовое финансирование научных исследований» в рамках проекта «Решение задач рационального использования ресурсов подземных вод Сырдарынского артезианского бассейна методами математического и геоинформационного моделирования». Основной целью выполняемых исследований является решение задач рационального использования ресурсов подземных вод Сырдарынского артезианского бассейна методами математического и геоинформационного моделирования. Разработанная технология использовалась в процессе формирования карт абсолютных отметок подошв 22 слоев модели, выделенных при схематизации гидрогеологических условий в разрезе. Исходные данные представляли собой результаты разведочного бурения. В качестве дополнительных данных использовались структурно-тектоническая, гидрогеологическая карта, результаты SRTM (Shuttle radar topographic mission) разрешением 3 угловые секунды (примерно 90 м) [9], а также серия гидрогеологических разрезов. Вся информация содержится в базе графических данных.

Массив исходных данных для создания математической модели гидрогеологических условий Сырдарынского бассейна формировался средствами ГИС путем выборки нужных сведений из базы данных [8]. С помощью специально разработанных программ с карт выбираются координаты точек в плане, с гидрогеологических разрезов – соответствующие этим точкам значения абсолютных отметок подошв слоев. Результаты выборки записываются в виде текстового файла определенной структуры (рисунок 2).

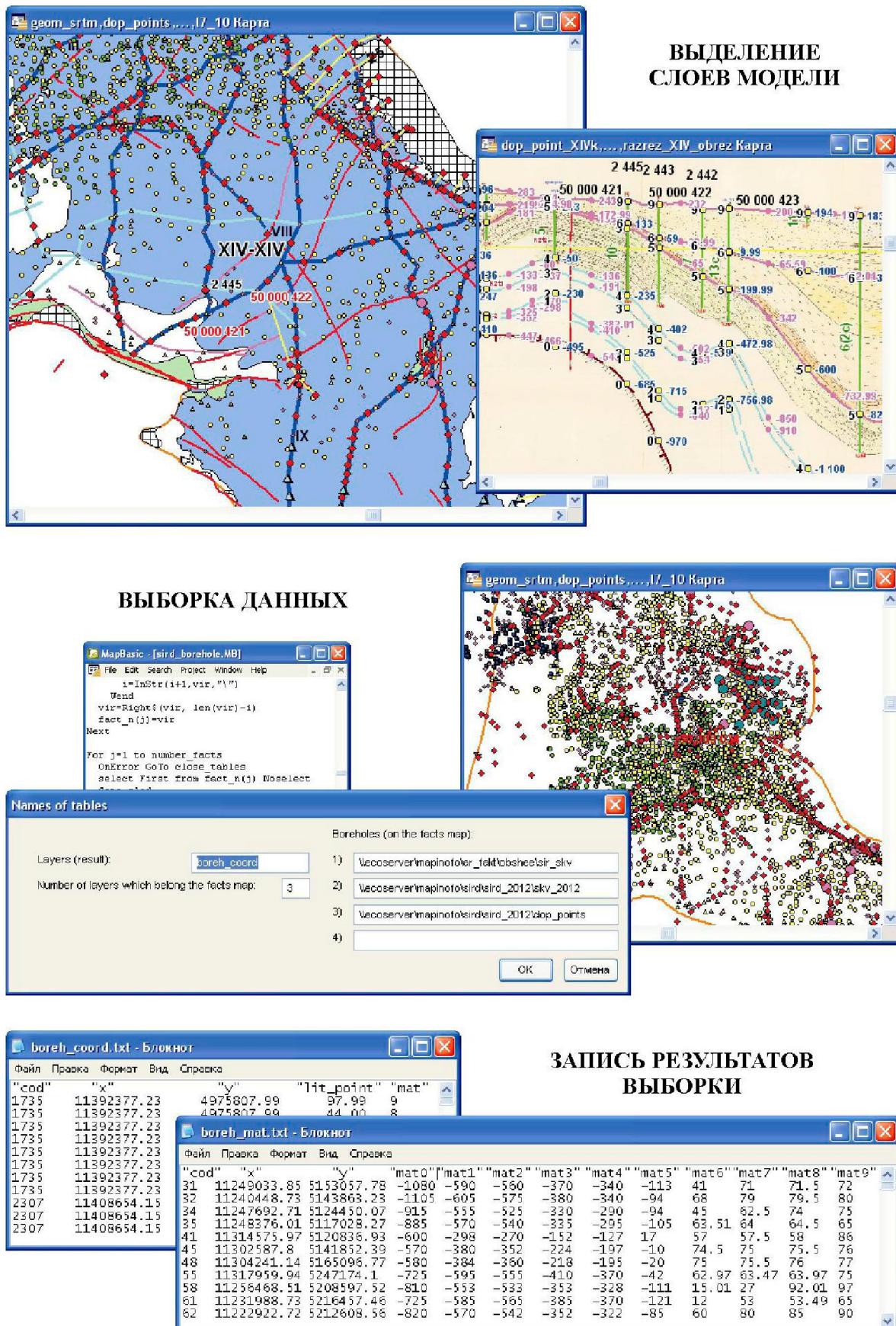


Рисунок 2 – Формирование массива исходных данных для интерполяции

Моделируемая область охватывает территорию Сырдарьинского и южную часть Тургайского артезианских бассейнов. Разрывные дислокации в палеозойском комплексе фундамента на исследуемой области обладают значительной протяженностью, имеют большие смещения, широко распространены и в значительной мере контролируют его внутреннее строение и особенности морфометрии. Это прежде всего Куландинско-Амударинская зона разломов на западной границе территории и важнейший структурный элемент Карагат – Главный Карагатский разлом, разделяющий структуры Большого и Малого Карагата, разрывные дислокации в долине р. Сырдарьи, Северо-Приаральском структурном блоке, в районе Нижне-Сырдарьинского свода и т.д. [10, 11]. Поэтому при построении карт абсолютных отметок подошв слоев математической модели гидрогеологических условий необходимо принимать во внимание особенности тектоники исследуемой области. Наиболее подходящим инструментом интерполяции в этих условиях является *Spline with Barriers*, входящий в набор средств *Spatial Analyst*, используемой геоинформационной системы ArcGIS 10 [2].

Алгоритм интерполяции обеспечивает эффект разрыва поверхности по линиям барьера (*barriers*), соответствующим основным тектоническим нарушениям. Точки с заданными значениями параметра по одну сторону барьера не оказывают влияния на результаты интерполяции по другую сторону. Результатом интерполяции являются значения параметра во всех узлах регулярной сети. Для построения изолиний использован инструмент *Contour with Barriers*, входящий в набор средств *Spatial Analyst* геоинформационной системы ArcGIS 10. С его помощью строятся изолинии с разрывами по линиям барьера. Карта абсолютных отметок подошвы второго регионального водоупора Сырдарьинского артезианского бассейна, построенная с использованием разработанной методики, приведена на рисунке 3.

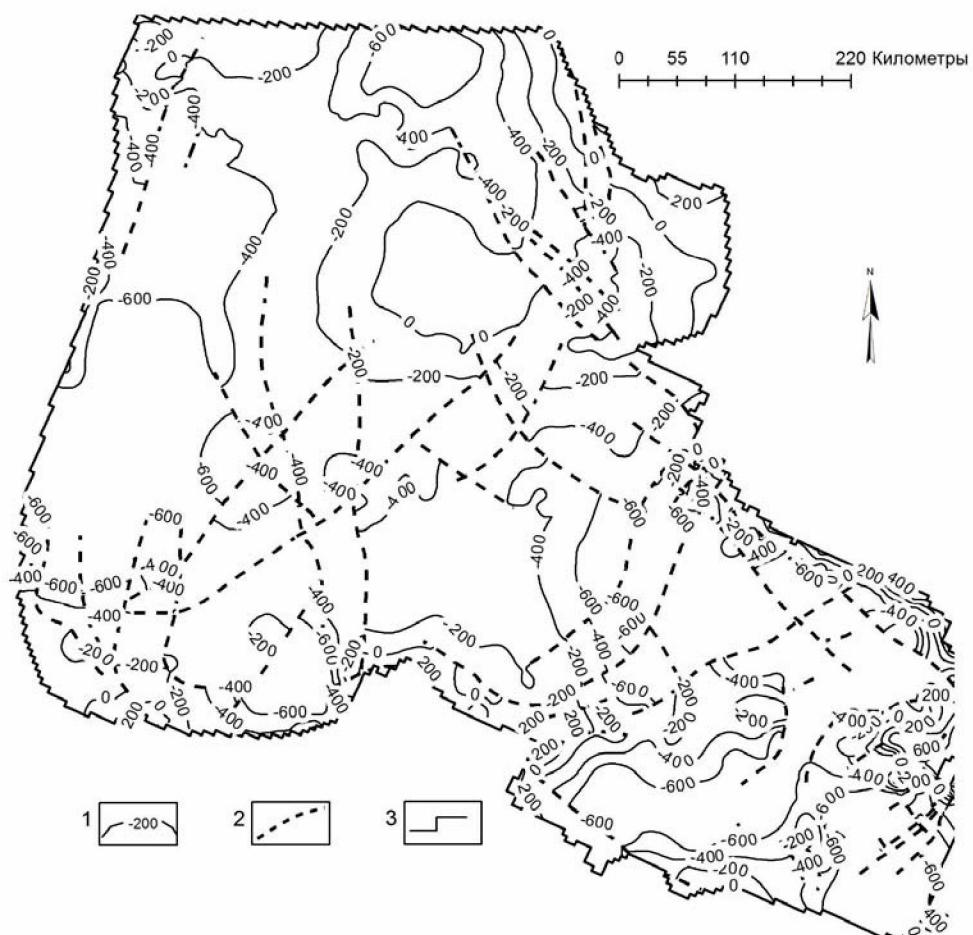


Рисунок 3 – Карта абсолютных отметок подошвы второго регионального водоупора:
1 – изолинии абсолютных отметок подошвы второго регионального водоупора; 2 – линии тектонических нарушений;
3 – границы моделируемой области для верхнетурон-сеноонского водоносного комплекса

Разработанная технология автоматизированного построения специальных гидрогеологических карт была успешно применена в процессе создания геоинформационно-математической модели гидрогеологических условий Сырдарынского артезианского бассейна, и можно сделать вывод о перспективности исследований в этом направлении. Планируется дальнейшее совершенствование технологии и программных средств в плане расширения их функциональных возможностей.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Таранчук В.Б. Математическое и программное обеспечение аппроксимации цифровых полей // «Теория вероятностей, случайные процессы, математическая статистика и приложения» мат-лы междунар. науч. конф. – Минск: БГУ, 2008. – С. 326-334.
- 2 ArcGIS Resources, <http://www.resources.arcgis.com>
- 3 Веселов В.В., Гонтов Д.П., Пустыльников Л.М. Вариационный подход к задачам интерполяции физических полей. – М.: Наука, 1983. – 120 с.
- 4 MapInfo Professional, Version 10.0. User Guide. – 2009.
- 5 GMS 9.1 Tutorials. – 2013.
- 6 Геолинк консалтинг, <http://www.geolink-consulting.ru>
- 7 Schlumberger, <http://www.slb.com>
- 8 Паничкин В.Ю., Мирошниченко О.Л. Концепции геоинформационно-математического моделирования гидрогеологических условий Сырдарынского артезианского бассейна для оптимизации использования ресурсов подземных // Изв. НАН РК. Серия геологии и технических наук. – Алматы, 2012. – № 6. – С. 82-87.
- 9 The shuttle radar topography mission / Farr Tom G., Hensley Scott, Rodriguez Ernesto, Martin Jan, Kobrick Mike // CEOS SAR Workshop. Toulouse 26–29 Oct. 1999. – Noordwijk, 2000. P. 361-363.
- 10 Сырдарынский артезианский бассейн: математическое моделирование ресурсов подземных вод в условиях техногенеза. – Алма-Ата: Гылым, 1992. – 200 с.
- 11 Веселов В.В., Паничкин В.Ю. Геоинформационно-математическое моделирование гидрогеологических условий Восточного Приаралья. – Алматы: ТОО «Комплекс», 2004. – 428 с.

REFERENCES

- 1 Taranchuk V.B. Matematicheskoe i programmnoe obespechenie approksimacii cifrovych polej. «Teoriya verojatnostej, sluchajnye processy, matematicheskaja statistika i prilozhenija» mater. mezhdunar. nauch. konf. Minsk: BGU, 2008. S. 326-334.
- 2 ArcGISResources, <http://www.resources.arcgis.com>
- 3 Veselov V.V., Gontov D.P., Pustyl'nikov L.M. Variacionnyj podhod k zadacham interpoljacii fizicheskikh polej. M.: Nauka, 1983. 120 s.
- 4 MapInfo Professional, Version 10.0. User Guide. 2009.
- 5 GMS 9.1 Tutorials. 2013.
- 6 Geolink konsalting, <http://www.geolink-consulting.ru>
- 7 Schlumberger, <http://www.slb.com>
- 8 Panichkin V.Ju., Miroshnichenko O.L. Koncepcii geoinformacionno-matematicheskogo modelirovaniya gidrogeologicheskij uslovij Syrdar'inskogo artezianskogo bassejna dlja optimizacii ispol'zovaniya resursov podzemnyh. Izv. NAN RK. Seriya geologii tehnicheskikh nauk. Almaty, 2012. № 6. S. 82-87.
- 9 The shuttle radar topography mission (Farr Tom G., Hensley Scott, Rodriguez Ernesto, Martin Jan, Kobrick Mike). CEOS SAR Workshop. Toulouse 26–29 Oct. 1999. Noordwijk, 2000. P. 361-363.
- 10 Syrdar'inskij artezianskij bassejn: matematischeskoje modelirovanje resursov podzemnyh vod v uslovijah tehnogeneza. Alma-Ata: Gylym, 1992. 200 s.
- 11 Veselov V.V., Panichkin V.Ju. Geoinformacionno-matematicheskoe modelirovanie gidrogeologicheskikh uslovij Vostochnogo Priaral'ja. Almaty: TOO «Kompleks», 2004. 428 s.

Резюме

В. Ю. Паничкин, О. Л. Мирошниченко, Ж. Ерікұлы

(У. М. Ахмедсафин атындағы Гидрогеология және геоэкология институты, Алматы қ.)

ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ КАРТАЛАНДЫРУДАҒЫ ГЕОАҚПАРДАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Жаңа ақпараттық технологияны қолдана отырып, арнағы гидрогеологиялық параметрлі карталарды автоматты түрде тұрғызу тәсілдері қарастырылған.

Тірек сөздер: жерасты сулары, гидрогеологиялық карталандыру, геоакпараттық жүйе.

Summary

V. Yu. Panichkin, O. L. Miroshnichenko, Zh. Erikuly

(Institute of Hydrogeology and geoecology named after U. M. Akhmedsafin, Almaty)

GEOINFORMATIONAL TECHNOLOGIES AT HYDROGEOLOGICAL MAP PREPARATION

Approaches as for special hydrogeological parameters in map preparation processes automatization with utilization of newest informational technologies are discussed in this article.

Keywords: groundwaters, hydrogeological map preparation, geoinformational systems.

Поступила 10.09.2014 г.