

ISSN 2518-170X (Online),
ISSN 2224-5278 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ГЕОЛОГИЯ ЖӘНЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР
СЕРИЯСЫ



СЕРИЯ
ГЕОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК



SERIES
OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

6 (426)

ҚАРАША – ЖЕЛТОҚСАН 2017 ж.
НОЯБРЬ – ДЕКАБРЬ 2017 г.
NOVEMBER – DECEMBER 2017

ЖУРНАЛ 1940 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1940 г.
THE JOURNAL WAS FOUNDED IN 1940.

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р ы

э. ғ. д., профессор, ҚР ҰҒА академигі

И.К. Бейсембетов

Бас редакторының орынбасары

Жолтаев Г.Ж. проф., геол.-мин. ғ. докторы

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Абаканов Т.Д. проф. (Қазақстан)
Абишева З.С. проф., академик (Қазақстан)
Агабеков В.Е. академик (Беларусь)
Алиев Т. проф., академик (Әзірбайжан)
Бакиров А.Б. проф., (Қырғыстан)
Беспәев Х.А. проф. (Қазақстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Қазақстан)
Буктуков Н.С. проф., академик (Қазақстан)
Булат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Тәжікстан)
Грэвис Р.М. проф. (АҚШ)
Ерғалиев Г.К. проф., академик (Қазақстан)
Жуков Н.М. проф. (Қазақстан)
Кенжалиев Б.К. проф. (Қазақстан)
Қожахметов С.М. проф., академик (Қазақстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Ресей)
Курскеев А.К. проф., академик (Қазақстан)
Курчавов А.М. проф., (Ресей)
Медеу А.Р. проф., академик (Қазақстан)
Мұхамеджанов М.А. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Нигматова С.А. проф. (Қазақстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Қазақстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Қазақстан)
Сейтов Н.С. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (АҚШ)
Штейнер М. проф. (Германия)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология мен техникалық ғылымдар сериясы».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.).

Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде 30.04.2010 ж. берілген №10892-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2017

Редакцияның Қазақстан, 050010, Алматы қ., Қабанбай батыра көш., 69а.

мекенжайы: Қ. И. Сәтбаев атындағы геология ғылымдар институты, 334 бөлме. Тел.: 291-59-38.

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Г л а в н ы й р е д а к т о р
д. э. н., профессор, академик НАН РК

И. К. Бейсембетов

Заместитель главного редактора

Жолтаев Г.Ж. проф., доктор геол.-мин. наук

Р е д а к ц и о н н а я к о л л е г и я:

Абаканов Т.Д. проф. (Казахстан)
Абишева З.С. проф., академик (Казахстан)
Агабеков В.Е. академик (Беларусь)
Алиев Т. проф., академик (Азербайджан)
Бакиров А.Б. проф., (Кыргызстан)
Беспаяев Х.А. проф. (Казахстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Казахстан)
Буктуков Н.С. проф., академик (Казахстан)
Булат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Таджикистан)
Грэвис Р.М. проф. (США)
Ергалиев Г.К. проф., академик (Казахстан)
Жуков Н.М. проф. (Казахстан)
Кенжалиев Б.К. проф. (Казахстан)
Кожаметов С.М. проф., академик (Казахстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Россия)
Курскеев А.К. проф., академик (Казахстан)
Курчавов А.М. проф., (Россия)
Медеу А.Р. проф., академик (Казахстан)
Мухамеджанов М.А. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Нигматова С.А. проф. (Казахстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Казахстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Казахстан)
Сейтов Н.С. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (США)
Штейнер М. проф. (Германия)

«Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №10892-Ж, выданное 30.04.2010 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017

Адрес редакции: Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69а.

Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, комната 334. Тел.: 291-59-38.

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

E d i t o r i n c h i e f

doctor of Economics, professor, academician of NAS RK

I. K. Beisembetov

Deputy editor in chief

Zholtayev G.Zh. prof., dr. geol-min. sc.

E d i t o r i a l b o a r d:

Abakanov T.D. prof. (Kazakhstan)
Abisheva Z.S. prof., academician (Kazakhstan)
Agabekov V.Ye. academician (Belarus)
Aliyev T. prof., academician (Azerbaijan)
Bakirov A.B. prof., (Kyrgyzstan)
Bespayev Kh.A. prof. (Kazakhstan)
Bishimbayev V.K. prof., academician (Kazakhstan)
Buktukov N.S. prof., academician (Kazakhstan)
Bulat A.F. prof., academician (Ukraine)
Ganiyev I.N. prof., academician (Tadjikistan)
Gravis R.M. prof. (USA)
Yergaliev G.K. prof., academician (Kazakhstan)
Zhukov N.M. prof. (Kazakhstan)
Kenzhaliyev B.K. prof. (Kazakhstan)
Kozhakhmetov S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Kontorovich A.Ye. prof., academician (Russia)
Kurskeyev A.K. prof., academician (Kazakhstan)
Kurchavov A.M. prof., (Russia)
Medeu A.R. prof., academician (Kazakhstan)
Muhamedzhanov M.A. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Nigmatova S.A. prof. (Kazakhstan)
Ozdoev S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Postolatii V. prof., academician (Moldova)
Rakishev B.R. prof., academician (Kazakhstan)
Seitov N.S. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Seitmuratova Ye.U. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Stepanets V.G. prof., (Germany)
Humphery G.D. prof. (USA)
Steiner M. prof. (Germany)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences.

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 10892-Ж, issued 30.04.2010

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2017

Editorial address: Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev
69a, Kabanbai batyr str., of. 334, Almaty, 050010, Kazakhstan, tel.: 291-59-38.

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 6, Number 426 (2017), 157 – 170

V. Yu. Panichkin, O. L. Miroshnichenko, L. Yu. Trushel

Ahmetsafin Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience
of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: o_mirosh@mail.ru

DEVELOPMENT OF REGIONAL MATHEMATICAL MODEL OF THE HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF THE SYRDARYA ARTESIAN BASIN

Abstract. As a result of negative changes in the environment conditions and progressive deterioration in the quality of surface water, the ground waters of the Syrdarya Artesian basin become the main source of economic and drinking water supply in the region. At the same time, uncontrolled water extraction can exacerbate the situation and lead to depletion of groundwater resources and deterioration of surface water quality, have a negative impact on soil and vegetation conditions, exacerbate health problems, etc. Therefore, the tasks of rational use of the groundwater resources of the Syrdarya Artesian basin, protecting them from depletion and pollution become especially topical. The need to capture numerous natural and man-made factors having impact on the hydrogeological object conditions, as well as the large amount of heterogeneous information, makes geoinformation and mathematical modeling the only possible method for solving such problems. Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U. M. Akhmedsafin developed the mathematical model of hydro-geological conditions of the Syrdarya Artesian basin to solve these tasks. For calibration, the model solved the inverse stationary (as of 1960) and epigenetic hydrodynamic problems. Forecast of changes in the hydro-geological conditions of the object has been carried out for a 30-year period for various schemes of water extraction. Based on the results of the simulation, one may conclude that the man-made factors prevail over natural factors regarding the hydro-geological conditions of the Artesian basin, about the possible increase in the mineralization of groundwater in the Cretaceous sediments because of the flow of brackish waters from adjacent horizons under intensive water extraction, and deterioration of the ecological situation in the region.

Keywords: groundwater, mathematical model, geographic information system, Syrdarya artesian basin.

В. Ю. Паничкин, О. Л. Мирошниченко, Л. Ю. Трушель

Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина
Министерства образования и науки Республики Казахстан, Алматы, Казахстан

СОЗДАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СЫРДАРЬИНСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА

Аннотация. В результате негативных изменений в состоянии окружающей среды и прогрессирующего ухудшения качества поверхностных вод подземные воды Сырдарьинского артезианского бассейна становятся основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения региона. Вместе с тем неконтролируемый водоотбор может усугубить ситуацию – привести к истощению запасов подземных вод и ухудшению качества поверхностных вод, оказать отрицательное влияние на состояние почв и растительного покрова, обострить медико-санитарные проблемы и т.д. Поэтому особую актуальность приобретают задачи рационального использования ресурсов подземных вод Сырдарьинского артезианского бассейна, защиты их от истощения и загрязнения. Необходимость учета множества природных и техногенных факторов, влияющих на состояние гидрогеологического объекта, а также большой объем разнородной информации, делает геоинформационное и математическое моделирование единственно возможным методом решения таких задач. Для решения поставленных задач в Институте гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина создана математическая модель гидрогеологических условий Сырдарьинского артезианского бассейна. С целью калибровки на ней решены обратная стационарная (по состоянию на 1960) и эвристическая гидродинамические задачи. Прогнозирование изменения гидрогеологических условий объекта выполнялось на 30-летний период для различных схем водоотбора. По результатам моделирования можно сделать вывод о преобладающем влиянии на гидрогеологические условия артезианского бассейна техногенных факторов над естественными факторами, возможном увеличении минерализации подземных вод меловых отложений в результате перетекания соленых вод из смежных горизонтов при интенсивном водоотборе, ухудшении экологической ситуации региона.

Ключевые слова: подземные воды, математическая модель, геоинформационная система, Сырдарьинский артезианский бассейн.

Эффективность использования методов математического моделирования в процессе изучения гидрогеологических условий артезианских бассейнов подтверждается большим количеством математических моделей, созданных и эксплуатирующихся в различных странах мира.

Моделированию процессов фильтрации подземных вод посвящена монография [1], в которой в качестве примера представлена модель бассейна Wisconsin (США). Методические вопросы создания региональных математических моделей на основе комплексного использования систем математического моделирования и геоинформационных систем рассматриваются в работе [2]. В ней описаны математические модели потока подземных вод области Death Valley (США) и Great Artesian Basin (Австралия).

Технология разработки и 3D визуализации концептуальных гидрогеологических моделей, использующихся при создании математических моделей, приведена в работе [3]. Система трехмерной визуализации GVS включает функцию отображения изменения параметров во времени [4].

Детальное изучение Большого артезианского бассейна (Great Artesian Basin, Австралия) осуществлялось с помощью проведения математического моделирования [3, 5-6]. Математическая модель бассейна Великих Озер (Great Lakes Basin, США) учитывает взаимодействие подземных и поверхностных вод, а также влияние изменения климата на состояние подземных вод [7].

Для создания региональной модели подземных вод Южной Дакоты (South Dakota, США) в [8] предложен метод моделирования, основанный на анализе главных компонент применительно к геохимическим данным.

Для бассейна Pannonian (Венгрия) созданы региональные математические модели потока подземных вод и на их основе концептуальные геохимические модели [9]. Комплексное использование методов моделирования и геохимических данных способствовало исследованию процес-

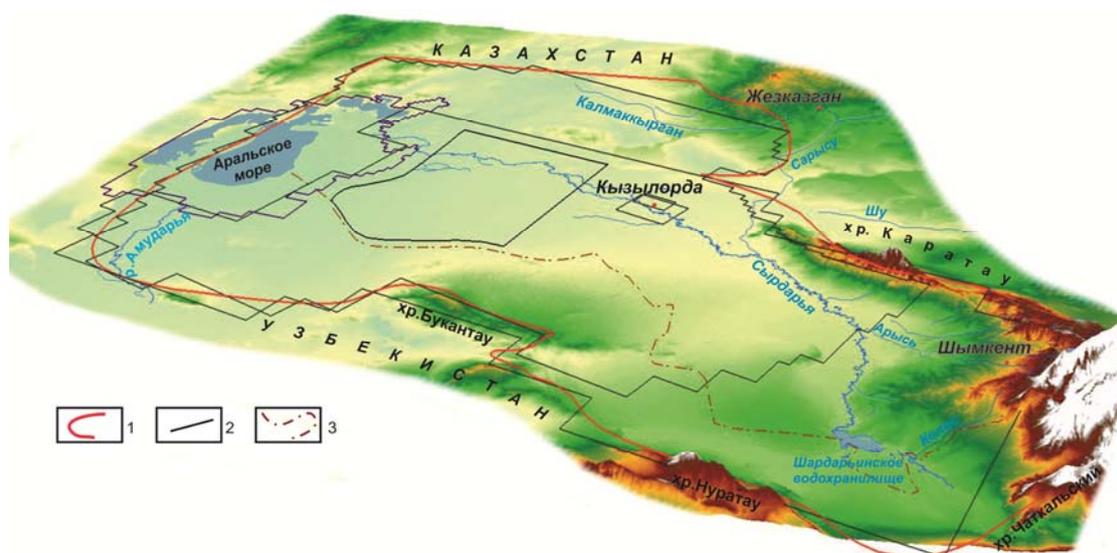
сов, проходящих в глубокозалегающих водоносных горизонтах Аквитанского бассейна (Aquitaine Basin, Франция) [10].

Работа [11] посвящена оценке надежности модели Сахарского артезианского бассейна, охватывающего территорию Алжира, Туниса и Ливии, с использованием геостатистического подхода. Вследствие недостатка исходной информации точность калибровки модели на отдельных участках не является достаточной. Предлагается провести дополнительные натурные исследования и повторную калибровку модели для получения уточненных прогнозов изменения гидрогеологических условий до 2050.

Для оценки работы водозаборных и дренажных сооружений и других объектов водохозяйственной деятельности создана система математических моделей Равнинно-Крымского артезианского бассейна [12]. При разработке моделей была создана обширная база геолого-гидрогеологических данных [13]. Система моделей Азово-Кубанского артезианского бассейна создана с целью оценки различий в структуре формирования ресурсов подземных вод [14]. При формировании модели центральной части Московского артезианского бассейна использована нетрадиционная методика – сначала были созданы локальные модели, затем построена региональная модель и выполнено уточнение граничных условий локальных [15]. Математическая модель Северо-Дагестанского артезианского бассейна создана для оценки геоэкологических последствий его многолетней эксплуатации [16].

Компанией «Геолинк» (Россия) представлены модели Чешского мелового артезианского бассейна, Московского артезианского бассейна и др. [17]. Использованию информационных систем для оценки и управления ресурсным потенциалом подземных вод России подробно рассматривается в [13].

История изучения гидрогеологических условий Сырдарьинского артезианского бассейна подробно описана в [18]. Использование методов математического, а затем геоинформационно-математического моделирования позволило значительно повысить качество проводимых исследований [18, 19]. Взаимное расположение границ математических моделей, созданных ранее, приведено на рисунке 1. Причиной создания современной математической модели гидрогеологических условий явилось несоответствие старых моделей гидрогеологическим условиям, изменившимся под воздействием техногенных факторов. Она включает южную часть бассейна, неохваченную ранее. Кроме того, стало невозможным продолжение эксплуатации моделей на устаревших программных средствах.



1 – граница модели Сырдарьинского артезианского бассейна (2012–2014 гг.); 2 – границы моделей, выполненные в период с 1980 по 2010 гг.; 3 – граница Республики Казахстан.

Рисунок 1 – Границы математических моделей гидрогеологических условий, созданных в пределах Сырдарьинского артезианского бассейна

Figure 1 – Boundaries of mathematical models of hydrogeological conditions created within the Syrdarya Artesian basin

Целью создания модели гидрогеологических условий Сырдарьинского артезианского бассейна являлось решение задач рационального использования ресурсов подземных вод методами геоинформационно-математического моделирования. Концепции и методика построения модели изложены в [20, 21].

Модель гидрогеологических условий Сырдарьинского артезианского бассейна имеет геоинформационную и математическую составляющие. Геоинформационные модели – комплексные автоматизированные модели, включающие систему разномасштабных геоизображений и связанных с ними структурированных и неструктурированных описаний гидрогеологических систем и их свойств, отображающие состояние гидрогеологических объектов, протекающие в них процессы, а также процессы взаимодействия с окружающей средой [18]. Под математическими моделями понимают системы математических зависимостей, описывающих структуру или функционирование объекта [22]. В основе математических моделей лежат геоинформационные модели. Результаты, полученные на математических моделях, отображаются в геоинформационных.

Создание геоинформационной модели осуществлялось средствами ArcGIS 10 и MapInfo 10, математической – GMS 9.

Геоинформационная модель Сырдарьинского артезианского бассейна включает базы графических и семантических данных. База графических данных содержит гидрогеологические карты и разрезы; карты фактического материала, абсолютных отметок земли и подошв водоносных комплексов и водоупорных отложений, гидроизогипс и гидроизопьез на различные моменты времени, водопроводимости, коэффициентов фильтрации, упругой и гравитационной водоотдачи, общей и эффективной мощности водоносных горизонтов, минерализации подземных вод, расположения водозаборных и наблюдательных скважин и др. (рисунок 2). Со всеми графическими объектами связана атрибутивная информация.

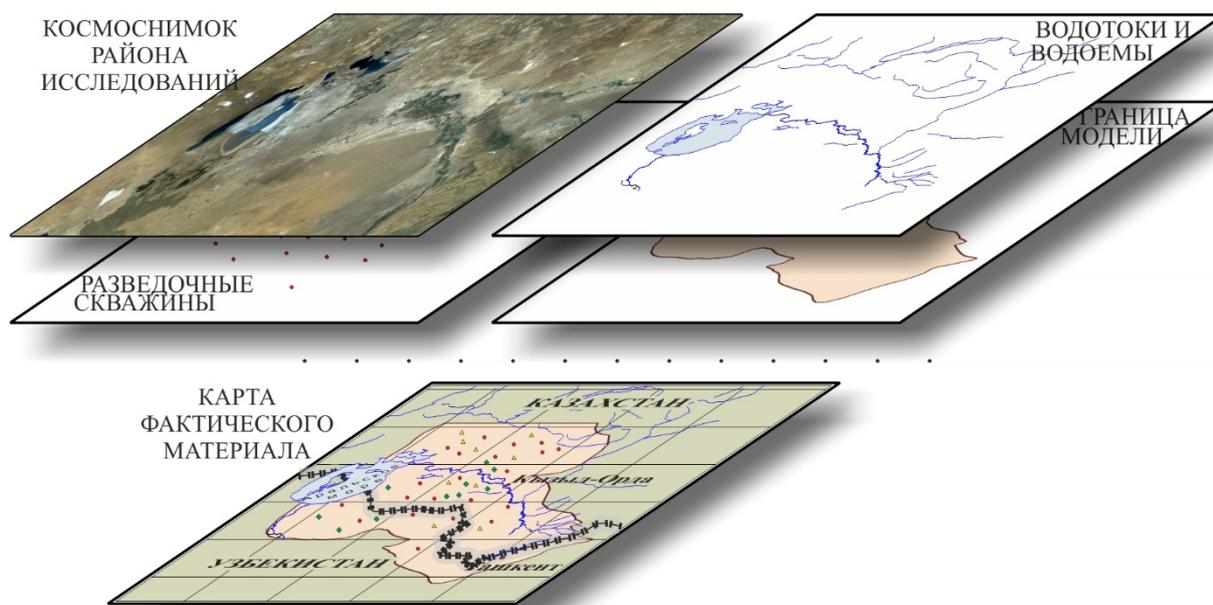


Рисунок 2 – Создание геоинформационной модели

Figure2 – Creation of a geoinformation model of the Syrdarya Artesian basin

База семантических данных содержит структурированную информацию и включает описания разрезов скважин, характеристики месторождений подземных вод и данные об их эксплуатации, результаты мониторинга подземных вод (уровенный режим, химический состав) и др.

Связь между базами графических и семантических данных осуществляется по кодовому полю. Подробно методика создания геоинформационной модели описана в [21].

Сырдарьинский артезианский бассейн представляет собой сложную многослойную гидродинамическую систему общей площадью более 540 тыс. км². Он ограничен на западе Куландинско-Амударьинским валом (вал Архангельского), а на северо-востоке Главным Каратауским разломом; на юге и востоке горными сооружениями Султан-Уиздага, Букантау, Каратау и Улутау; на севере широтой 48 градусов. Описываемая территория находится в пределах бассейна Аральского моря – крупнейшего бессточного водоема, пополнение запасов которого происходит, в основном, за счет притока поверхностных вод рек Сырдарьи и Амударьи, водностью которых полностью определялся уровенный и солевой режим моря.

Начиная с 1960 г. в связи с интенсивным ирригационно-гидроэнергетическим освоением водоземельных ресурсов бассейна Аральского моря общее водопотребление в бассейнах Амударьи и Сырдарьи стало стремительно возрастать за счет зарегулирования и безвозвратного изъятия поверхностного стока. В 1987 году произошло разделение моря на так называемый Большой и Малый Арал с различными абсолютными отметками уровня воды в каждом из них. Существенно уменьшилась площадь водной поверхности. Кроме того, на исследуемой территории увеличилось количество разведанных месторождений подземных вод.

Положение внешних границ модели выбиралось в основном по естественным границам распространения водоносных горизонтов и комплексов, либо с учетом возможного радиуса влияния действующих и проектируемых водозаборов. При схематизации учитывался характер распространения и взаимосвязи водоносных горизонтов и комплексов, гидродинамические особенности района, приуроченность эксплуатируемых и оцениваемых водозаборов к различным водоносным горизонтам и др. Границы модели приведены на рисунке 1.

На территории Сырдарьинского артезианского бассейна, сложенного мощной толщей терригенно-осадочных пород мезо-кайнозойского возраста, выделено пять основных водоносных горизонтов и комплексов, приуроченных к неоген-четвертичному (N-Q), верхнеэоценовым (P₂³-sk), верхнетурон-сенонским (K₂t₂-sn, верхнеальб-сеноманским (K₁a₁₃-K₂s) и ниже-среднеальб-юрским (K₁a_{1,2}-J) отложениям. Водоносные горизонты и комплексы разделяют региональные водоупоры в эоценовых (P), нижнетуронских (K₂t₁) и ниже-среднеальбских (K₁a_{1,2}) отложениях, имеющие практически повсеместное распространение, а также чеганские глины в северо-западной части описываемой территории (P₂₋₃cg) [19].

Таким образом, модель представлена пятью водоносными и четырьмя разделяющими слабопроницаемыми слоями. Структура математической модели гидрогеологических условий приведена на рисунке 3.

Модель предназначена для имитации процессов фильтрации подземных вод. Для верхнего водоносного комплекса фильтрация происходит в безнапорных условиях, для нижних – в напорных. Считалось, что до 1960 г. существовал естественный режим подземных вод. Затем значительное влияние на изменение гидрогеологических условий стали оказывать техногенные факторы.

В естественных условиях подземные воды неоген-четвертичного комплекса формируются преимущественно за счет инфильтрации атмосферных осадков, перетока из нижележащего верхнетурон-сенонского водоносного комплекса, притока по внешним границам, а также потери стока реки Сырдарьи. Разгрузка происходит в основном путем испарения с поверхности грунтовых вод, перетока в нижележащий горизонт, в Аральское море, в реку Сырдарью, а также оттока по внешним границам.

Подземные воды верхнеэоценового горизонта формируются в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков, перетекания из смежных водоносных комплексов, а также притока по внешним границам. Разгрузка осуществляется преимущественно путем оттока в неоген-четвертичный водоносный комплекс, в Аральское море, по внешним границам.

Подземные воды верхнетурон-сенонского водоносного комплекса формируются в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков, перетекания из смежных водоносных комплексов, а также притока по внешним границам. Разгрузка осуществляется преимущественно путем оттока в неоген-четвертичный водоносный комплекс и верхнеэоценовый водоносный горизонт, в Аральское море, по внешним границам и в меньшей мере через тектонические нарушения.

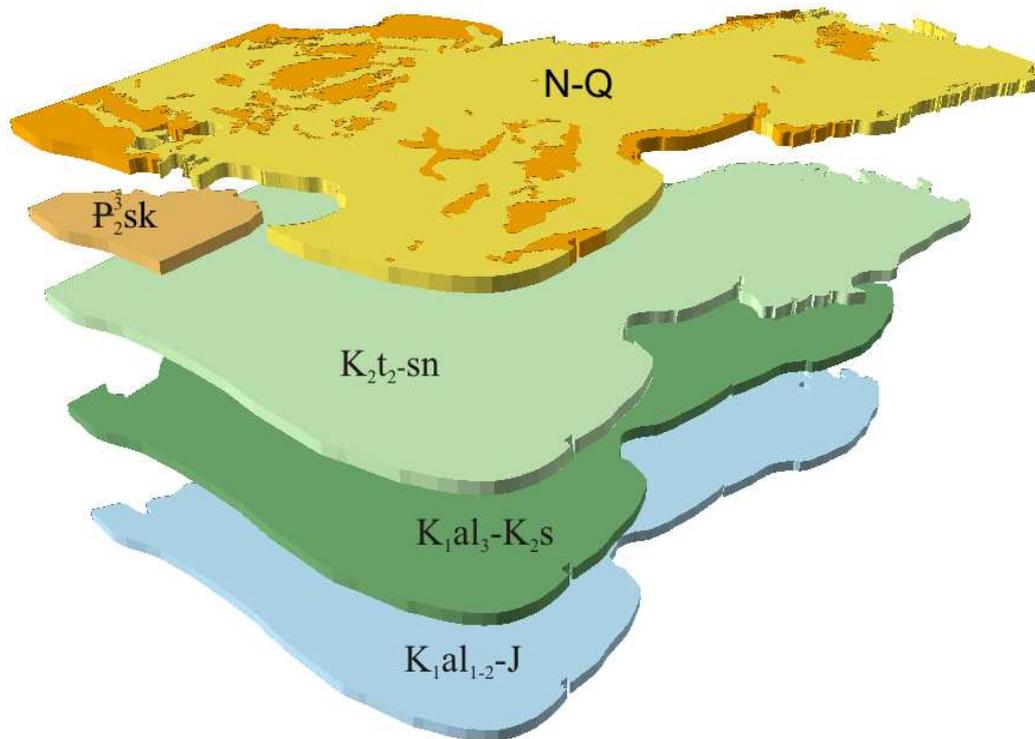


Рисунок 3 – Структура математической модели гидрогеологических условий Сырдарьинского артезианского бассейна
Figure 3 – Structure of the mathematical model of hydrogeological conditions of the Syrdarya Artesian basin

Для верхнеальб-сеноманского и ниже-среднеальб-юрского водоносных комплексов питание подземных вод и их разгрузка происходит в основном через внешние границы в результате взаимодействия со смежными водоносными горизонтами и через тектонические нарушения.

Начиная с 1960г. естественный режим подземных вод нарушается в результате нарастающего во времени водоотбора, работы множества самоизливающихся скважин, снижения уровня воды в Аральском море и отступления его береговой линии [18, 19].

Математическая модель использована для решения стационарной и нестационарной (эпигнозной) гидродинамических задач, которые описываются системами дифференциальных уравнений. Они реализованы с помощью конечно-разностных численных методов.

Напор водоносных комплексов усреднялся по мощности, емкостные запасы подземных вод в слабопроницаемых слоях не учитывались, интенсивность инфильтрационного питания не зависела от глубины залегания уровня грунтовых вод [20]. Процессы взаимодействия с окружающей средой отображались с помощью соответствующих граничных условий, а также имитировались заданием положительного или отрицательного площадного питания. При этом северная, северо-восточная, западная и южная границы для палеоген-неоген-четвертичного водоносного комплекса, а также р.Сырдарья задавались в виде граничных условий I рода ($H = \text{const}$). Восточная, западная, южная, северная и северо-восточная границы для неоген-четвертичного комплекса, а также области отсутствия водоносных комплексов, тектонические нарушения моделировались в виде границ II рода ($Q = \text{const}$ либо $Q = 0$). Учитывалось падение уровня раздельно для Большого и Малого Арала, граница контура моря задавалась в соответствии с положением его береговой линии. Работа водозаборов, инфильтрация атмосферных осадков схематизировались в виде отрицательного или положительного питания. Испарение подземных вод и разгрузка их в озерные котловины, разгрузка подземных вод в Аральское море через его дно задавались на модели как граничные условия III рода. Водозаборы схематизировались как отрицательное питание, изменяющееся во времени, работа самоизливающихся скважин – как граничное условие III рода.

По результатам схематизации гидрогеологических условий были построены карты гидрогеологических параметров, которые дополнили геоинформационную модель (рисунок 4). Для

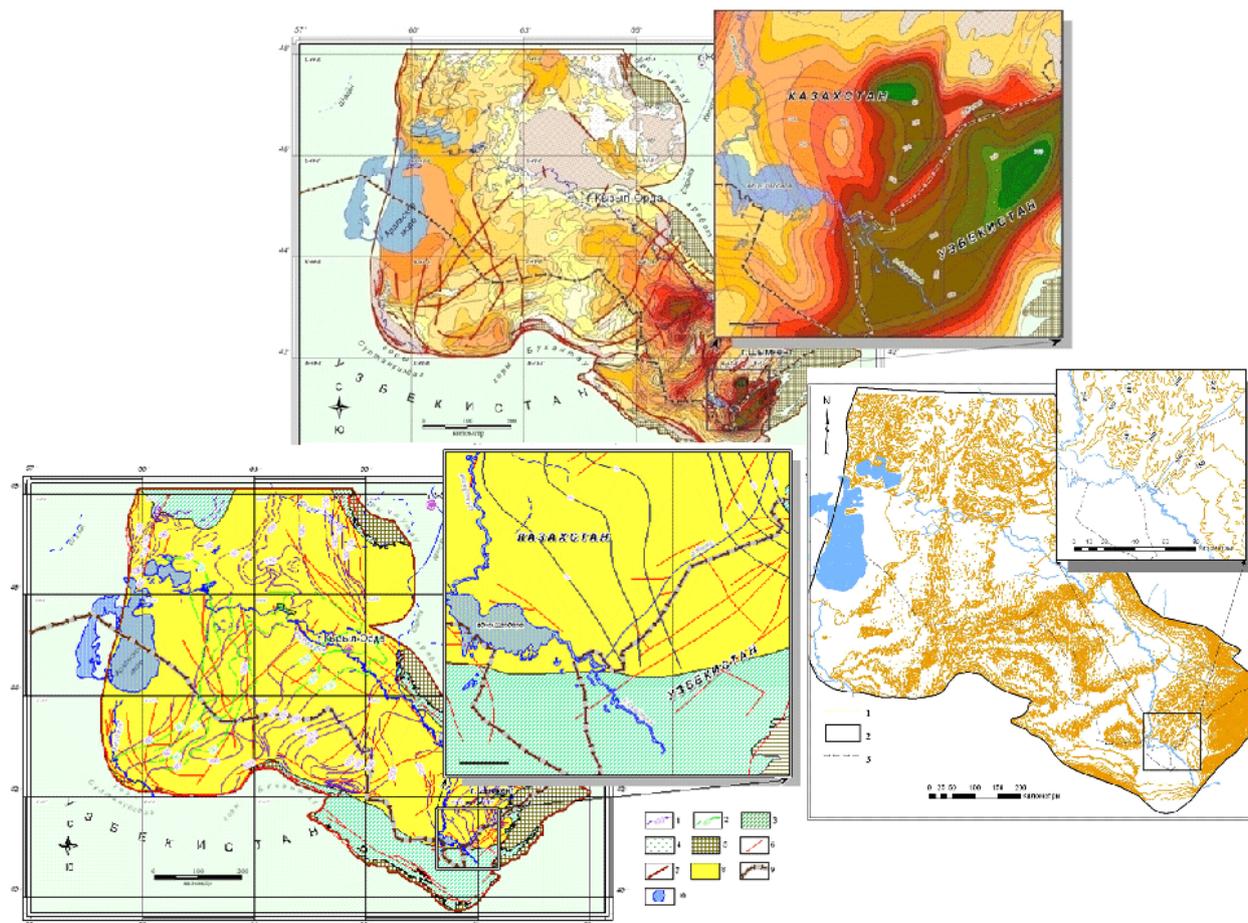


Рисунок 4 – Карты гидрогеологических параметров, построенные по результатам схематизации

Figure 4 – Maps of hydrogeological parameters, plotted according to the results of the schematization

каждого водопроницаемого слоя строились карты гидроизогипс и гидроизопьез (на условно ненарушенный период), карты глубин залегания уровня грунтовых вод, карты водопроницаемости, коэффициентов фильтрации, упругой и гравитационной водоотдачи, абсолютных отметок подошв, питания и разгрузки. Для каждого слабопроницаемого слоя были составлены карты коэффициентов фильтрации и мощности. Кроме этого были подготовлены схемы расположения разведанных месторождений подземных вод и действующих водозаборов, карты абсолютных отметок поверхности земли и других параметров.

Для создания математической модели гидрогеологических условий Сырдарьинского артезианского бассейна была использована система математического моделирования подземных вод GMS. Технология формирования модели включала в себя формирование массивов исходных данных для создания математической модели, создание проекта модели и конвертирование исходных данных в форматы GMS, создание концептуальной модели, проектирование сеточной аппроксимации моделируемой области и отображение концептуальной модели на сеть.

Массив исходных данных для математической модели формировался средствами ГИС путем выборки нужных сведений из базы графических данных [20, 21]. Проект модели создавался средствами системы моделирования [23]. Конвертация данных заключалась в считывании файлов, описывающих пространственное расположение слоев модели и распределение значений параметров.

Концептуальная модель – высокоуровневое описание области моделирования, выполненное с помощью точечных, линейных и площадных ГИС-объектов независимо от сеточной аппроксимации моделируемой области [23]. Она состоит из нескольких покрытий и описывает граничные условия, структурные элементы модели (слои), параметры слоев, зоны питания и разгрузки и др. Испарение с поверхности грунтовых вод задавалось на модели с помощью разновидности гранич-

ных условий III рода – EVT package. Для имитации работы самоизливающихся скважин на модели использована разновидность граничных условий III рода DRT (Drain Return Package) [24].

Проектирование сеточной аппроксимации моделируемой области заключалось в создании ортогональной равномерной сети с шагом 5000 м. Размерность сети в плане – 232x162, в разрезе – 22 блока. После создания сети были активированы блоки модели, расположенные внутри моделируемой области. Количество расчетных блоков – около 500 000. При отображении концептуальной модели на сеть формируется набор матриц всех параметров, размерность соответствует размерности сети. Линейные объекты отображаются путем интерполяции значений, связанных с узловыми точками. С точечными объектами связываются значения параметров, определенные экспериментально – результаты замеров уровней подземных вод по режимным скважинам, дебиты водозаборных скважин и т.д.

Для доказательства адекватности модели существующим гидрогеологическим условиям проводилась ее калибровка, которая заключалась в решении обратных стационарной и нестационарной задач.

Стационарная задача решалась на условно ненарушенный период (по состоянию на 1960 г.). На модели подбирались значения площадного питания, испарения с поверхности грунтовых вод, коэффициентов фильтрации водовмещающих пород, а также параметры граничных условий модели. Качество решения контролировалось по совпадению фактических уровней подземных вод, замеренных по разведочным скважинам на условно ненарушенный период, с уровнями, рассчитанными на модели (рисунок 5).

Рассчитанные и экспериментальные отметки
уровня грунтовых вод (N-Q)

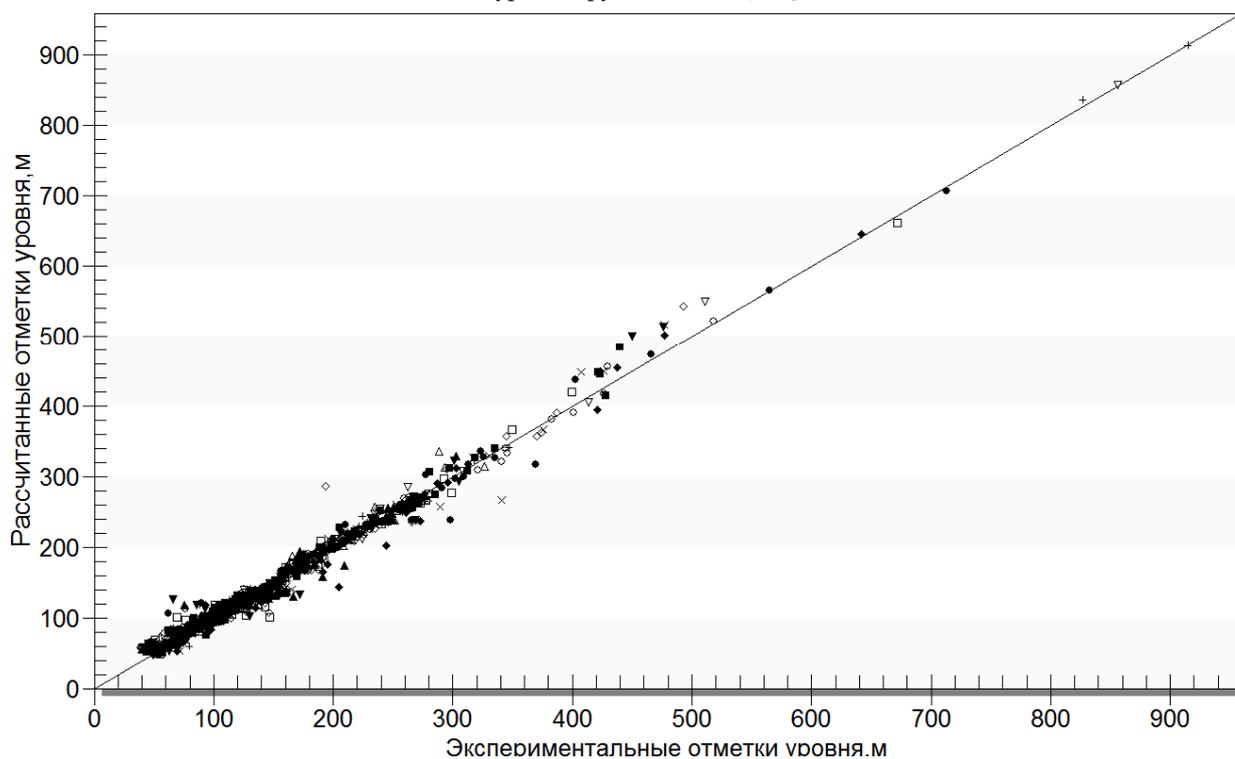


Рисунок 5 – График соответствия уровней неоген-четвертичного водоносного горизонта, полученных по результатам решения обратной стационарной задачи и фактически измеренных по скважинам

Figure 5 – Graph of the correspondence of the levels of the Neogene-Quaternary aquifer obtained by the results of solving the inverse stationary problem and actually measured by the wells

Для решения обратной нестационарной задачи использовались уравнения трехмерной нестационарной фильтрации потока подземных вод в гетерогенной и анизотропной среде:

$$\frac{\partial}{\partial x} (K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z}) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

с начальными условиями

$$h(x, y, z, t) = H_0(x, y, z) \quad \text{на } \Omega, t = 0$$

с граничными условиями

$$h(x, y, z, t) = H(x, y, z, t) \quad \text{на } \Gamma_1, t \geq 0$$

$$K_n \frac{\partial h(x, y, z, t)}{\partial n} = Q(x, y, z, t) \quad \text{на } \Gamma_2, t \geq 0$$

$$K_n \frac{\partial h(x, y, z, t)}{\partial n} = \lambda(h_B - h) \quad \text{на } \Gamma_3, t \geq 0$$

где K_{xx} , K_{yy} , K_{zz} – коэффициенты фильтрации по направлению координатных осей x , y и z (Lt^{-1}); h – напор (L); W – объемный поток на единицу объема, представляет источники и/или стоки воды (t^{-1}); S_s – коэффициент водоотдачи пористого материала (L^{-1}); t – время (t). В общем случае функции S_s , K_{xx} , K_{yy} , K_{zz} могут быть функциями пространственных координат ($S_s = S_s(x, y, z)$, $K_{xx}(x, y, z)$ и т.д.) и W – функцией пространственных координат и времени ($W = W(x, y, z, t)$); $H_0(x, y, z)$ – известное распределение напора в начальный момент времени; Ω – моделируемая область; $H(x, y, z, t)$ – значение напора вдоль границы Γ_1 ; Γ_1 – граница с заданным напором; K_n – коэффициент фильтрации по нормали к границе Γ_2 ; $Q(x, y, z, t)$ – расход воды на единицу объема; Γ_2 – граница с заданным расходом воды; λ – коэффициент, характеризующий взаимосвязь с внешней фильтрационной средой; h_B – уровень воды во внешней фильтрационной среде; Γ_3 – граница, по которой задана зависимость между расходом и градиентом напора [25].

Обратная нестационарная задача решалась на период 1960-2014 гг. В процессе ее решения подбирались емкостные параметры модели и уточнялись граничные условия. На модели имитировалось высыхание Аральского моря – уменьшение уровня воды, сокращение акватории и изменение подземного стока. Учитывалась работа более 2000 самоизливающихся скважин. Воспроизводилось изменение величины испарения с уровня грунтовых вод в зависимости от глубины его залегания. Водоотбор из неоген-четвертичного и мелового водоносных комплексов имитировался с помощью граничных условий типа Wells с изменяющимся во времени дебитом.

Для выполнения калибровки модели были использованы сведения более чем по 4500 скважинам, большая часть которых приурочена к неоген-четвертичному и верхнетурон-сенонскому водоносным комплексам. Качество решения контролировалось по совпадению фактических уровней подземных вод с уровнями, рассчитанными на модели (рисунок 6).

На откалиброванной модели были решены два варианта прогнозных задач сроком на тридцать лет (до 2044 г.). Первый вариант предполагал сохранение отбора подземных вод водозаборными сооружениями на весь прогнозный период на уровне фактического на конец 2014 г. Второй вариант предусматривал задание с начала 2015 г. водоотбора в объемах утвержденных ГКЗ запасов подземных вод по сумме категорий А+В+С₁. Учитывалась также работа водозаборов, действующих на неутвержденных запасах. Суммарный водоотбор на исследуемой территории по состоянию на 2014 год оценивался примерно в 2500 тыс. м³/сут или 29 м³/с.

В результате решения прогнозных задач были рассчитаны абсолютные отметки уровней подземных вод в соответствии с заданным временным вектором для каждого слоя модели. На рисунке 7 представлены схематические карты гидроизопьез, а на рисунке 8 – схематические карты понижения уровней подземных вод верхнетуронского водоносного комплекса, построенные по результатам моделирования на различные моменты времени.

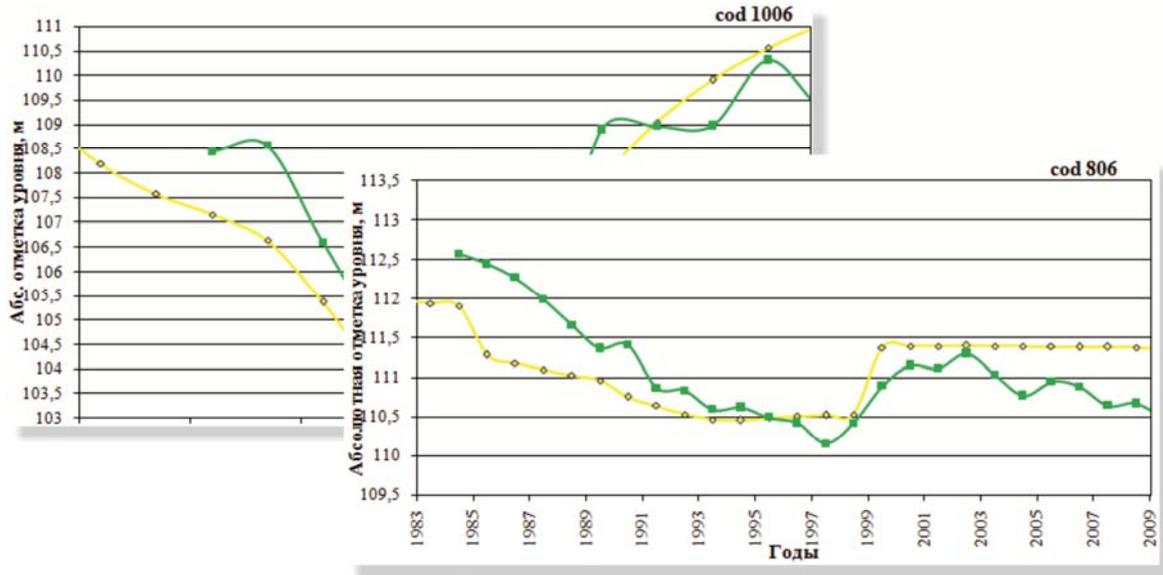


Рисунок 6 – Совмещенные графики уровней подземных вод, построенные по результатам решения обратной нестационарной задачи

Figure 6 – Combined graphs of groundwater levels constructed from the results of solving the inverse stationary task

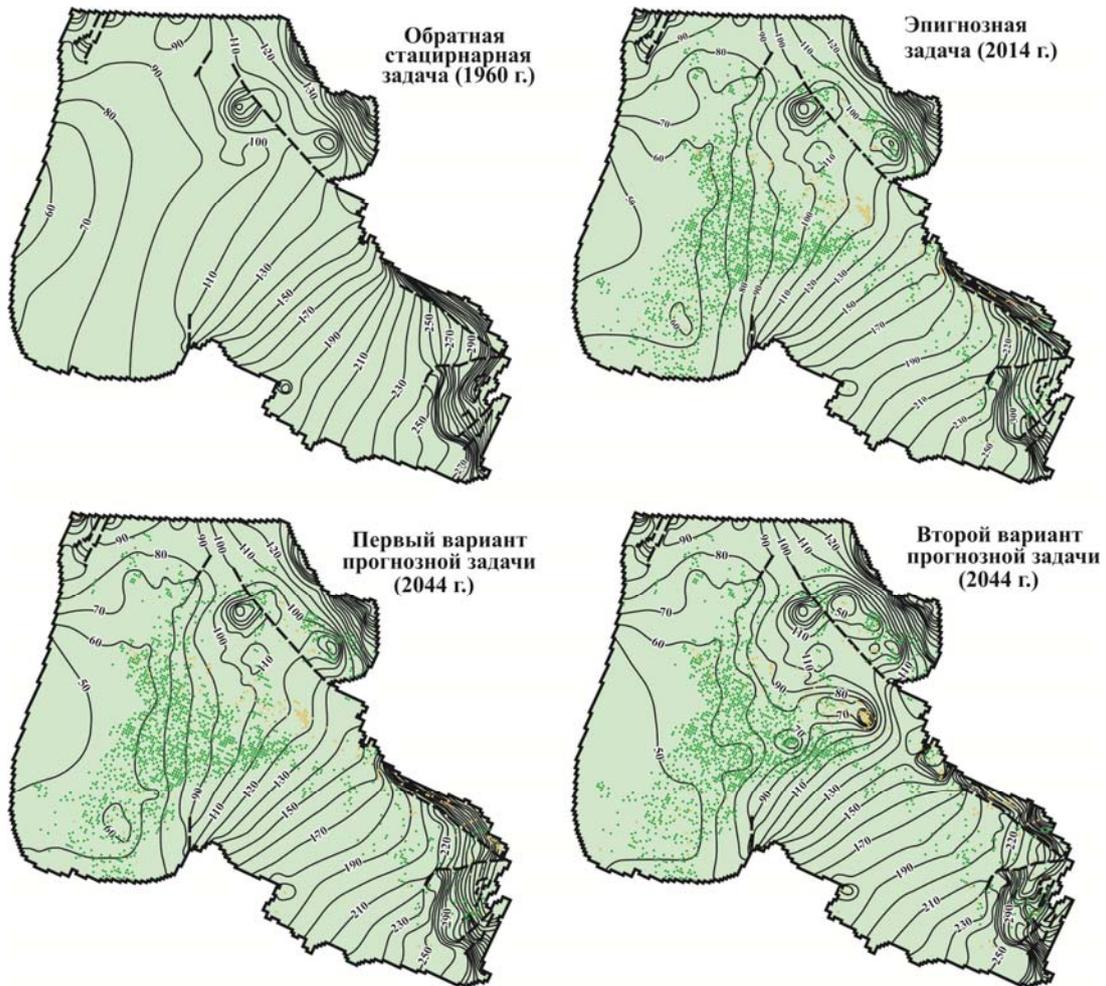


Рисунок 7 – Схематические карты гидроизоэпез верхнетуронского водоносного комплекса

Figure 7 – Schematic maps of hydroisopiezes of the Upper Turonian aquifer

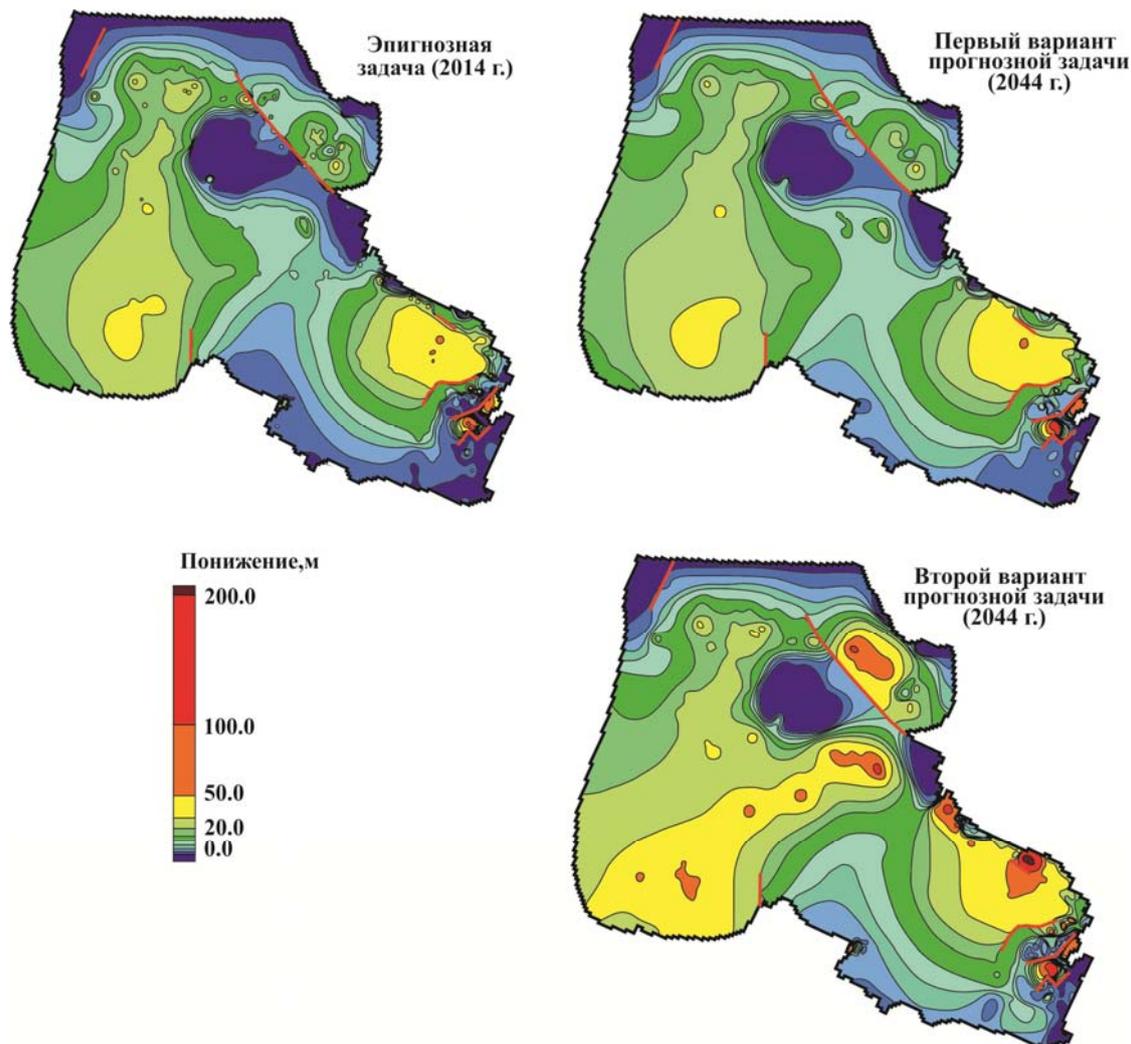


Рисунок 9 – Схематические карты понижений уровней подземных вод верхнетуронского водоносного комплекса

Figure 9 – Schematic maps of groundwater levels lowering of the Upper Turonian aquifer

По результатам моделирования можно сделать вывод, что начиная с 1960 г. на территории Сырдарьинского артезианского бассейна техногенные факторы (эксплуатация подземных вод, забор воды из рек) оказывают существенное влияние на гидрогеологические условия, сопоставимое или превосходящее естественные факторы.

Большая часть месторождений подземных вод приурочена к неоген-четвертичным и верхне-меловым отложениям. Подземные воды неоген-четвертичных отложений могут быть подвержены загрязнению. Их интенсивная эксплуатация часто приводит к потерям речного стока. Подземные воды меловых отложений хорошо защищены от загрязнения. Но их массиванный водоотбор может привести к перетеканию соленоватых вод из смежных водоносных горизонтов и комплексов и увеличению минерализации воды в эксплуатируемых водоносных комплексах.

Водоотбор в объемах утвержденных ГКЗ запасов приведет к значительным понижениям уровней подземных вод, уменьшению вплоть до полного прекращения дебита ряда самоизливающихся скважин и родников. Увеличение глубины залегания уровня грунтовых вод может привести к высыханию некоторых видов растительности.

Представляется целесообразным на основе созданной региональной модели создание детальных моделей-врезок крупных эксплуатирующих месторождений подземных вод, участков загрязнений подземных вод, орошаемых массивов и других гидрогеологических объектов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Anderson M.P., Woessner W.W., Hunt R.J. Applied Groundwater Modeling. Simulation of Flow and Advective Transport. – Elsevier, Academic Press, 2015. – 564 p. – ISBN: 978-0-12-058103-0
- [2] Zhou Y., Li W. A review of regional groundwater flow modeling // *Geoscience Frontiers*. – 2011. – N 2(2). – P.205-214. – DOI:10.1016/j.gsf.2011.03.003
- [3] Robins N.S., Rutter H.K., Dumbleton S., Peach D.W. The role of 3D visualisation as an analytical tool preparatory to numerical modelling // *Journal of Hydrology*. – 2005. – N 301. – P.287–295. – DOI:10.1016/j.jhydrol.2004.05.004
- [4] Cox M.E., James A., Hawke A., Raiber M. Groundwater Visualisation System (GVS): A software framework for integrated display and interrogation of conceptual hydrogeological models, data and time-series animation // *Journal of Hydrology*. – 2013. – N 491. – P.56–72. – DOI:10.1016/j.jhydrol.2013.03.023
- [5] Mazar E. Large-scale artesian systems – Great Artesian Basin, Australia // *Journal of Hydrology*. – 1995. – N 173. – P.219–240. – SSDI 0022-1694(95)02706-8
- [6] Love A.J., Shand P., Fulton S., Wohling D., Karlstrom K., Crossey L., Rousseau-Gueutin P., Priestley S.C. A reappraisal of the hydrogeology of the Western margin of the Great Artesian Basin: chemistry, isotopes and groundwater flow // *Procedia Earth and Planetary Science*. – 2017. – N 17. – P.428–431. – DOI: 10.1016/j.proeps.2016.12.108
- [7] Kornelsen K.C., Coulibaly P. Synthesis review on groundwater discharge to surface water in the Great Lakes Basin. Review Article // *Journal of Great Lakes Research*. – 2014. – Vol. 40, Issue 2. – P.247-256.
- [8] Long A.J., Valder J.F. Multivariate analyses with end-member mixing to characterize groundwater flow: Wind Cave and associated aquifers // *Journal of Hydrology*. – 2011. – N 409. – P.315–327. – DOI:10.1016/j.jhydrol.2011.08.028. Elsevier
- [9] Szalkaia A.R., Kovacs L.O. Hydrogeochemical changes in thermal waters of the Western Pannonian Basin // *Energy Procedia*. – 2019. – N 97. – P.226–232. – DOI: 10.1016/j.egypro.2016.10.061
- [10] Andre L., Franceschi M., Pouchan P., Atteia O. Using geochemical data and modelling to enhance the understanding of groundwater flow in a regional deep aquifer, Aquitaine Basin, south-west of France // *Journal of Hydrology*. – 2005. – N 305. – P.40–62. – DOI:10.1016/j.jhydrol.2004.08.027
- [11] Zammouri M., Ribeiro L. Analyzing the effect of transmissivity uncertainty on the reliability of a model of the northwestern Sahara aquifer system // *Journal of African Earth Sciences*. – 2017. – Vol. 129. – P.910–922.
- [12] Крашин И.И., Полшков Е.А., Федотов Е.В. Опыт построения системы постоянно-действующих моделей артезианских бассейнов // Численное моделирование процессов фильтрации и тепло-массопереноса в подземных водах. Сборник научных трудов. – М., 1981. – С. 71-80.
- [13] Язвин А.Л. Ресурсный потенциал пресных подземных вод России (решение современных проблем геологического изучения): Дис. ... доктор геол.-мин. наук. – Гидрогеологическая и геоэкологическая компания «ГИДЭК». – Москва, 2015. – 323 с.
- [14] Крашин И.И., Полшков Е.А., Орфаниди Е.К., Федотов Е.В. Автоматизированные сеточные модели бассейнов подземных вод. – М.: Недра, 1992. – 176 с.
- [15] Крашин И.И., Алексеева Л.И., Полшков Е.А., Шин Г.А. Методологические вопросы создания постоянно действующей модели центральной части Московского артезианского бассейна // Бюллетень Моск. общества испыт. природы. Отд. геолог. – М., 1987. – С. 89-96.
- [16] Щербуль З.З. Гидрогеологические особенности и геоэкологические последствия многолетней эксплуатации Северо-Дагестанского артезианского бассейна: Дис. ... канд. геол.-мин. Наук. – Махачкала, 2008. – 163 с.
- [17] Геолинк. – <http://www.geolink-consulting.ru/projects/index2.html>
- [18] Веселов В.В., Паничкин В.Ю. Геоинформационно-математическое моделирование гидрогеологических условий Восточного Приаралья. – Алматы: «Комплекс», 2004. – 426 с.
- [19] Сырдарьинский артезианский бассейн: математическое моделирование ресурсов подземных вод в условиях техногенеза / Под ред. Ж.С.Сыдыкова. – Алма-Ата: Гылым, 1992. – 200 с.
- [20] Паничкин В.Ю., Мирошниченко О.Л. Концепции геоинформационно-математического моделирования гидрогеологических условий Сырдарьинского артезианского бассейна для оптимизации использования ресурсов подземных вод // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2012. – № 6. – С. 82-87.
- [21] Паничкин В.Ю., Мирошниченко О.Л. Методика создания математической модели гидрогеологических условий Сырдарьинского артезианского бассейна для решения задач рационального использования ресурсов подземных вод // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. – 2014. – № 2. – С. 91-97.
- [22] Першиков В.П., Савинков В.М. Толковый словарь по информатике. – М.: Финансы и статистика, 1991. – 543 с.
- [23] GMS 9.0 Tutorial. MODFLOW – Conceptual Model Approach. – http://www.xmswiki.com/wiki/GMS:MODFLOW_Conceptual_Model_Approach
- [24] GMS 9.0 Tutorial. MODFLOW – DRT Package. – http://www.xmswiki.com/wiki/GMS:DRT_Package
- [25] GMS User Manual (v9.0). – http://gmsdocs.aquaveo.com/GMS_User_Manual_v9.0.pdf

REFERENCES

- [1] Anderson M.P., Woessner W.W., Hunt R.J. Applied Groundwater Modeling. Simulation of Flow and Advective Transport. *Elsevier, Academic Press*, 2015. 564 p. ISBN: 978-0-12-058103-0
- [2] Zhou Y., Li W. A review of regional groundwater flow modeling, *Geoscience Frontiers*, 2011. N 2(2). P.205-214. DOI:10.1016/j.gsf.2011.03.003
- [3] Robins N.S., Rutter H.K., Dumbleton S., Peach D.W. The role of 3D visualisation as an analytical tool preparatory to numerical modelling. *Journal of Hydrology*. 2005. N 301. P.287–295. DOI:10.1016/j.jhydrol.2004.05.004
- [4] Cox M.E., James A., Hawke A., Raiber M. Groundwater Visualisation System (GVS): A software framework for integrated display and interrogation of conceptual hydrogeological models, data and time-series animation. *Journal of Hydrology*. 2013. N 491. P.56–72. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2013.03.023
- [5] Mazar E. Large-scale artesian systems – Great Artesian Basin, Australia. *Journal of Hydrology*. 1995. N 173. P.219 -240. SSDI 0022-1694(95)02706-8
- [6] Love A.J., Shand P., Fulton S., Wohling D., Karlstrom K., Crossey L., Rousseau-Gueutin P., Priestley S.C. A reappraisal of the hydrogeology of the Western margin of the Great Artesian Basin: chemistry, isotopes and groundwater flow. *Procedia Earth and Planetary Science*. 2017. N 17. P.428 – 431. DOI: 10.1016/j.proeps.2016.12.108
- [7] Kornelsen K.C., Coulbaly P. Synthesis review on groundwater discharge to surface water in the Great Lakes Basin. Review Article. *Journal of Great Lakes Research*. 2014. Vol. 40, Issue 2. P.247-256.
- [8] Long A.J., Valder J.F. Multivariate analyses with end-member mixing to characterize groundwater flow: Wind Cave and associated aquifers. *Journal of Hydrology*. 2011. N 409. P.315–327. DOI:10.1016/j.jhydrol.2011.08.028. Elsevier
- [9] Szalkaia A.R., Kovacs L.O. Hydrogeochemical changes in thermal waters of the Western Pannonian Basin. *Energy Procedia*. 2019. N 97. P.226 – 232. DOI: 10.1016/j.egypro.2016.10.061
- [10] Andre L., Franceschi M., Pouchan P., Atteia O. Using geochemical data and modelling to enhance the understanding of groundwater flow in a regional deep aquifer, Aquitaine Basin, south-west of France. *Journal of Hydrology*. 2005. N 305. P.40–62. DOI:10.1016/j.jhydrol.2004.08.027
- [11] Zammouri M., Ribeiro L. Analyzing the effect of transmissivity uncertainty on the reliability of a model of the northwestern Sahara aquifer system. *Journal of African Earth Sciences*. 2017. Vol. 129. P.910–922.
- [12] Krashin I.I., Polshkov E.A., Fedotov E.V. Opyt postroeniia sistemy postoianno-deistvuiushchikh modelei artezijskikh basseinov. *Chislennoe modelirovanie protsessov fil'tratsii i teplo-massoperenosa v podzemnykh vodakh. Sbornik nauchnykh trudov*. M., 1981. S. 71-80.
- [13] Iazvin A.L. Resursnyi potentsial presnykh podzemnykh vod Rossii (reshenie sovremennykh problem geologicheskogo izucheniia): Dis. ... doktor geol.-min. nauk. Gidrogeologicheskaja i geokologicheskaja kompaniia «GIDEK». Moskva, 2015. 323 s.
- [14] Krashin I.I., Polshkov E.A., Orfanidi E.K., Fedotov E.V. Avtomatizirovannye setochnye modeli basseinov podzemnykh vod. M.: *Nedra*, 1992. 176 s.
- [15] Krashin I.I., Alekseeva L.I., Polshkov E.A., Shin G.A. Metodologicheskie voprosy sozdaniia postoianno deistvuiushchei modeli tsentral'noi chasti Moskovskogo artezijskogo basseina. *Biulleten' Mosk. obshchestva ispyt. prirody. Otd. geolog*. M., 1987. S. 89-96.
- [16] Shcherbul' Z.Z. Gidrogeologicheskie osobennosti i geokologicheskie posledstviia mnogoletnei ekspluatatsii Severo-Dagestanskogo artezijskogo basseina: Dis. ... kand. geol.-min. Nauk. Makhachkala, 2008. 163 s.
- [17] Geolink. <http://www.geolink-consulting.ru/projects/index2.html>
- [18] Veselov V.V., Panichkin V.Iu. Geoinformatsionno-matematicheskoe modelirovanie gidrogeologicheskikh uslovii Vostochnogo Priaral'ia. *Almaty: «Kompleks»*, 2004. 426 s.
- [19] Syrdar'inskii artezijskii bassein: matematicheskoe modelirovanie resursov podzemnykh vod v usloviakh tekhnogeneza /Pod red. Zh.S.Sydykova. *Alma-Ata: Gylym*, 1992. 200 s.
- [20] Panichkin V.Iu., Miroshnichenko O.L. Kontseptsii geoinformatsionno-matematicheskogo modelirovaniia gidrogeologicheskikh uslovii Syrdar'inskogo artezijskogo basseina dlia optimizatsii ispol'zovaniia resursov podzemnykh vod. *Izvestiia NAN RK. Seriya geologii i tekhnicheskikh nauk*. 2012. № 6. S. 82-87.
- [21] Panichkin V.Iu., Miroshnichenko O.L. Metodika sozdaniia matematicheskoi modeli gidrogeologicheskikh uslovii Syrdar'inskogo artezijskogo basseina dlia resheniia zadach ratsional'nogo ispol'zovaniia resursov podzemnykh vod. *Izvestiia NAN RK. Seriya geologii i tekhnicheskikh nauk*. 2014. № 2. S. 91-97.
- [22] Pershikov V.P., Savinkov V.M. Tolkovy slovar' po informatike. M.: *Finansy i statistika*, 1991. 543 s.
- [23] GMS 9.0 Tutorial. MODFLOW – Conceptual Model Approach. http://www.xmswiki.com/wiki/GMS:MODFLOW_Conceptual_Model_Approach
- [24] GMS 9.0 Tutorial. MODFLOW – DRT Package. http://www.xmswiki.com/wiki/GMS:DRT_Package
- [25] GMS User Manual (v9.0). http://gmsdocs.aquaveo.com/GMS_User_Manual_v9.0.pdf

В. Ю. Паничкин, О. Л. Мирошниченко, Л. Ю. Трушель

У. М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты, Алматы, Қазақстан

**СЫРДАРИЯ АРТЕЗИАН БАССЕЙНІНІҢ ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ ТАЛАПТАРЫНЫҢ
АЙМАҚТЫҚ МАТЕМАТИКАЛЫҚ ҮЛГІСІН ҚҰРУ**

Аннотация. Қоршаған ортаның жәй-күйіндегі теріс өзгерістер салдарынан және жер үстіндегі су сапасының үдемелі нашарлауы салдарынан Сырдария артезиан бассейнінің жер асты сулары аймақты шаруашылық ауызсумен жабдықтаудың негізгі көзіне айналып отыр. Сонымен қатар бақыланбайтын су іріктеу жағдайды тығырыққа тіреуі мүмкін – жер асты сулары қорларының жұтандауына және жер үсті суларының сапасын нашарлатуға алып келуі мүмкін және топырақ пен өсімдік жабынының жәй-күйіне теріс әсер етуі мүмкін, медициналық санитарлық және т.б. мәселелерді өршіте түседі. Сондықтан Сырдария артезиан бассейнінің жер асты суларының қорларын тиімді пайдалану, оларды жұтандау мен ластанудан қорғау міндеттері ерекше өзектілікке ие болады. Гидрогеологиялық нысанның жәй-күйіне әсер ететін көптеген табиғи және техногенді факторларды есепке алу қажеттілігі, сонымен қатар ауқымды әртүрлі ақпарат көлемі геоақпараттық және математикалық үлгілеуді осы мәселелерді шешудің жалғыз мүмкін әдісіне айналдырады. Көзделген міндеттерді шешу үшін У. М. Ахмедсафин атындағы Гидрогеология және геоэкономика институтында Сырдария артезиан бассейнінің гидрогеологиялық талаптарының математикалық үлгісі құрылды. Калибрлеу мақсатымен онда кері стационарлық (1960 жылғы жағдайы бойынша) және эпигноздық гидродинамикалық міндеттер шешіледі. Нысанның гидрогеологиялық талаптарындағы өзгерістерді болжау түрлі су іріктеу сұлбалары үшін 30 жылдық кезеңге орындалды. Үлгілеу нәтижелері бойынша артезиандық бассейнінің гидрогеологиялық талаптарына табиғи факторларға қарағанда техногенді факторлардың көбірек әсер ететіні туралы, үдемелі су іріктеу кезінде аралас деңгейжиектерден ашылау сулардың ағуы нәтижесінде бор түзілімдерінің жер асты суларының минералдарының ұлғаю мүмкіндігі, аймақтағы экологиялық аймақтың нашарлауы туралы қорытынды жасауға болады.

Түйін сөздер: жерастысуы, геоақпараттық жүйе, жерасты суларының қорлары, Оңтүстік Балқаш артезиан алабы.

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print)

<http://geolog-technical.kz/index.php/kz/>

Верстка Д. Н. Калкабековой

Подписано в печать 08.12.2017.
Формат 70x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
19,0 п.л. Тираж 300. Заказ 6.