

Shan Weixing – Агрономия колледжінің профессоры, Northwest A&F университеті, Қытай Халық Республикасы, 712100, Янлин, 3 Taicheng Road, тел.: +7-777-490-77-79, e-mail: ansabaeva_asiya@mail.ru.

Қуанышбаев Сейітбек Бекенұлы – Басқарма Төрағасы – Ректор, "Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті" КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 110000 Қостанай қ, Байтұрсынов көш 47, тел.: +7-777-490-77-79; e-mail: ansabaeva_asiya@mail.ru.

Medelbek Meruert* – 2nd-year Doctoral student, "8D08101 Agronomy" educational program, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28 Abai Str., tel.: +7-777-490-77-79, e-mail: mekukauser@gmail.com.

Ansabayeva Assiya Simbayevna – PhD, Associate Professor of the Department of agronomy, Akhmet Baitursynuly Regional Univ. NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 47 Baitursynov Str., tel.: +7-777-490-77-79, ; e-mail: ansabaeva_asiya@mail.ru.

Shan Weixing – Professor of the College of Agronomy, Northwest A&F University, People's Republic of China, 712100 Yangling, 3 Taicheng Road, tel.: +7-777-490-77-79, e-mail: ansabaeva_asiya@mail.ru.

Kuanysbbaev Seitbek Bekenovich – Chairperson of the Board, President of the Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 47 Baytursinov Str., tel.: +7-777-490-77-79, e-mail: ansabaeva_asiya@mail.ru.

MPHTI: 68.31.21:38.61.31:20.23.17

УДК 556.31,556.38

https://doi.org/10.52269/22266070_2025_1_167

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА

Оңласынов Ж.Ә.* – PhD, заведующий лабораторией ГИС-технологий и ДЗЗ, Институт гидрогеологии и геоэкологии им У.М. Ахметсафина, Satbayev University, г. Алматы, Республика Казахстан.

Муратова М.М. – ведущий инженер лаборатории ГИС-технологий и ДЗЗ, Институт гидрогеологии и геоэкологии им У.М. Ахметсафина, Satbayev University, г. Алматы, Республика Казахстан.

Ресурсы подземных вод играют ключевую роль в устойчивом развитии экономики и экологии Республики Казахстан, обеспечивая потребности населения, сельского хозяйства и промышленности. Однако с увеличением антропогенной нагрузки и изменений климата, грамотное управление этими ресурсами становится исключительно важным. В этом контексте внедрение геоинформационно-аналитических систем (ГИС) представляет собой эффективный инструмент для мониторинга, анализа и управления подземными водами. Южный Казахстан находится в аридной климатической зоне, где ресурсы пресной воды являются ограниченными, что серьезно затрудняет ведение сельского хозяйства, особенно обводнения пастбищ. В условиях растущих потребностей в продовольствии и изменений климата, эффективное управление водоносными горизонтами становится необходимым для сохранения экосистем и повышения производительности сельского хозяйства. Геоинформационно-аналитическая система (ГИС) позволяет накапливать, обрабатывать и анализировать данные о водных ресурсах, что делает её незаменимым инструментом для устойчивого управления водными ресурсами.

Пастбищные массивы играют ключевую роль в обеспечении кормовой базы для скота, поддержании экосистем и сохранении традиционного образа жизни местных жителей. Пастбищные массивы имеют существенное значение для экономики и экологии региона:

- кормовая база;
- экологическая устойчивость;
- социально-экономическое значение.

В Институте гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина разработана и функционирует геоинформационно-аналитическая система ресурсов подземных вод Республики Казахстан. Структура системы создавалась с учетом потребностей в гидрогеологических сведениях, наличия картографических данных и возможностей используемой геоинформационной системы.

Ключевые слова: геоинформационно-аналитическая система (ГИС), водоносные горизонты, база данных, подземные воды, входные данные, обводнение, пастбищные территории.

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАННЫҢ ПЕРСПЕКТИВТІ СУ ҚАБАТТАРЫНЫҢ ГЕОАҚПАРАТТЫҚ-ТАЛДАУ ЖҮЙЕСІН ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ҚҰРУ

Оңласынов Ж.Ә.* – PhD, ЖҚЗ және ГАЖ технологиялары зертханасының меңгерушісі, У.М.Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты, Satbayev University, Алматы қ., Қазақстан Республикасы.

Муратова М.М. – ЖҚЗ және ГАЖ технологиялары зертханасының бас инженері, У.М.Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты, Satbayev University, Алматы қ., Қазақстан Республикасы.

Жер асты суларының ресурстары халықтың, ауыл шаруашылығы мен өнеркәсіптің қажеттілігін қамтамасыз ете отырып, Қазақстан Республикасының экономикасы мен экологиясының тұрақты дамуында шешуші рөл атқарады. Алайда, антропогендік жүктеме мен климаттың өзгеруінің ұлғаюымен осы ресурстарды сауатты басқару айрықша маңызды болып табылады. Бұл тұрғыда геоақпараттық-талдау жүйелерін (ГАЖ) енгізу жер асты суларын мониторингілеу, талдау және басқару үшін тиімді құрал болып табылады.

Оңтүстік Қазақстан тұщы су ресурстары шектеулі аридті климаттық аймақта орналасқан, бұл ауыл шаруашылығын жүргізуді, әсіресе жайылымдарды суландыруды айтарлықтай қиындайды. Азық-түлікке қажеттіліктің өсуі және климаттың өзгеруі жағдайында су тұтқыш көкжиектерді тиімді басқару экожүйелерді сақтау және ауыл шаруашылығының өнімділігін арттыру үшін қажетті болып отыр. Геоақпараттық-талдау жүйесі (ГАЖ) су ресурстары туралы деректерді жинақтауға, өңдеуге және талдауға мүмкіндік береді, бұл оны су ресурстарын орнықты басқарудың ажырамас құралына айналдырады.

Жайылымдық алқаптар мал азығы базасын қамтамасыз етуде, экожүйелерді қолдауда және жергілікті тұрғындардың дәстүрлі өмір салтын сақтауда негізгі рөл атқарады. Жайылымдық алқаптардың өңірдің экономикасы мен экологиясы үшін маңызы зор:

- жемшөп базасы;
- экологиялық тұрақтылық;
- әлеуметтік-экономикалық маңызы.

Ұ.М.Ахмедсафин атындағы Гидрогеология және геоэкология институтында Қазақстан Республикасының жер асты сулары ресурстарының геоақпараттық-талдау жүйесі әзірленіп, жұмыс істейді. Жүйенің құрылымы гидрогеологиялық мәліметтерге қажеттілікті, картографиялық деректердің болуын және пайдаланылатын геоақпараттық жүйенің мүмкіндіктерін ескере отырып құрылды.

Түйінді сөздер: геоақпараттық-талдау жүйесі (ГАЖ), сулы көкжиектер, деректер базасы, жерасты сулары, кіру деректері, суландыру, жайылымдық аумақтар.

DEVELOPMENT AND CREATION OF A GEOINFORMATIONAL AND ANALYTICAL SYSTEM FOR PROMISING AQUIFERS IN THE SOUTH KAZAKHSTAN

Onlassynov Zh.A. – PhD, Head of the Laboratory of GIS technologies and earth remote sensing, Akhmedsafin Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience, Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan.*

Muratova M.M. – Leading engineer of the Laboratory of GIS technologies and earth remote sensing, Akhmedsafin Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience, Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan.

Groundwater resources play a key role in the sustainable development of the economy and ecology of the Republic of Kazakhstan, meeting the needs of the population, agriculture, and industry. However, with the increase in anthropogenic pressure and climate change, effective management of these resources becomes exceptionally important. In this context, the implementation of geoinformation and analytical systems (GIAS) serves as an effective tool for monitoring, analyzing, and managing groundwater. Southern Kazakhstan is located in the arid climate zone, where freshwater resources are limited, making it especially challenging for agricultural practices, particularly for the irrigation of pastures. Given the rising demand for food and the impacts of climate change, effective management of aquifers is necessary to preserve ecosystems and enhance agricultural productivity. The GIAS allows for the accumulation, processing, and analysis of data on water resources, making it an indispensable tool for sustainable water resource management.

Pasturelands play a crucial role in providing forage for livestock, maintaining ecosystems, and preserving the traditional way of life for local residents. Pasturelands are significant for the economy and ecology of the region in various ways:

- forage base;
- ecological sustainability;
- social and economic importance.

At the Akhmedsafin Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience, a geoinformation and analytical system for groundwater resources in the Republic of Kazakhstan has been developed and is operational. The system structure was created taking into account the needs for hydrogeological information, the availability of cartographic data, and the capabilities of the geoinformation system used.

Key words: *geoinformation and analytical systems (GIAS), aquifers, database, groundwater, input data, flooding, pastureland.*

Введение

Структура и компоненты ГАС. Геоинформационно-аналитическая система ресурсов подземных вод – это инструмент, который позволяет собирать, анализировать и визуализировать пространственные данные о водных ресурсах. Основные функции ГАС включают:

1. Картографирование: создание детализированных карт, содержащих информацию о местонахождении и состоянии водоносных горизонтов.
2. Анализ: проведение гидрогеологических исследований, позволяющих оценить запасы подземных вод, их качество и динамику.
3. Моделирование: прогнозирование изменений в ресурсах подземных вод под влиянием различных факторов, таких как климатические колебания и антропогенные воздействия.
4. Мониторинг: отслеживание уровня подземных вод и их качества в реальном времени, что позволяет оперативно реагировать на изменения.

Разработка и создание базы данных (далее БД). В рамках разработки гидрогеологической автоматизированной системы (ГАС) были изучены и адаптированы методики, применявшиеся в проектах баз данных других исследователей. Например, казахстанские ученые использовали интегрированный подход, основанный на аналитической иерархии и методах географических информационных систем (ГИС), для определения потенциальных мест размещения прудов. Кроме того, было изучено применение ГИС для исследования городских территорий, включая анализ данных инженерно-геологических бурений. Рассматривались также методы ГИС и дистанционного зондирования для количественной оценки скорости пополнения грунтовых вод [1, с.793, 2, с.2258, 3, с.167].

Индийскими учеными был выполнен ГИС-анализ для определения зон пополнения подземных вод с использованием дистанционного зондирования и интеграции восьми тематических слоев. Эти слои включали

геологию, геоморфологию, уклон, почвы, землепользование, уровень воды после муссонов, глубину выветривания и дренажные структуры. Для разработки тематических карт применялись топографические данные, спутниковые изображения (ASTER) и другие методы [4, с.201].

Турецкие исследователи успешно интегрировали ГИС и дистанционное зондирование для изучения родников как ключевых источников подземных вод [5, с.826].

В Калмыкии российские ученые совместно с зарубежными коллегами провели исследования по картографированию зон потенциала подземных вод. Были использованы разнообразные тематические слои, такие как землепользование, геоморфология, литология, осадки, NDVI, плотность дренажа, растительность и рельеф. Эти данные в совокупности применялись для построения карты зон потенциала подземных вод (GWPZ) [6, с.36].

Малазийские специалисты разработали подход на основе ГИС и дистанционного зондирования для прогнозирования зон потенциала подземных вод в провинции Перак. Использовалась многокритериальная методология анализа данных, включавшая информацию о скорости отдачи подземных вод из 28 местоположений скважин. На основе полученных данных создавались тематические карты, отражающие гидрологические и гидрогеологические параметры [7, с.321].

В Саудовской Аравии проводились работы по картированию потенциальных зон хранения подземных вод в бассейне Вади-Аурнах. Использовались методы дистанционного зондирования (спутниковые снимки Landsat 7 ETM+, ASTER и SRTM) и ГИС (ArcView). Были учтены факторы, влияющие на хранение подземных вод: литология, уклон, трещиноватость пород, осадки, дренаж и растительность [8, с. 1481].

Европейские ученые интегрировали методы дистанционного зондирования, цифровые модели рельефа (ЦМР), ГИС и полевые исследования для анализа грунтовых вод в Эритрее. На основе данных дистанционного зондирования были созданы литологические и линеаментные карты. ЦМР применялись для геоморфологического анализа. Все слои данных были объединены в ГИС для дальнейшего анализа [9, с.729].

В Иордании специалисты реализовали комплексный подход, основанный на ГИС и дистанционном зондировании, для определения перспективных участков подземных вод. Методика включала оценку гидрологических, геологических и топографических факторов, что позволило разработать карту потенциала подземных вод [10, с.718].

Цель: создание и разработка геоинформационно-аналитической системы ресурсов подземных вод для Южного Казахстана.

Материалы и методы

БД включает наборы классов объектов, представленных в виде точек, полигонов, полилиний и аннотаций, которые отражают различные характеристики и условия для оценки количественных и качественных характеристик подземных вод.

Входные данные. Для создания и наполнения базы данных были собраны и систематизированы следующие входные данные (рисунок 1):

- 1) административные границы, включающие полигоны для областей, районов и поселений, а также точки для городов и других населенных пунктов;
- 2) водозаборные сооружения, представленные точечными объектами, такими как колодцы, скважины и насосные станции;
- 3) гидрографическая сеть, которая включает полилинии для рек, каналов и ручьев, а также полигоны для озер;
- 4) ландшафт, описанный полигональными объектами, отражающими различные типы рельефа (долины, возвышенности, равнины).

Также в БД были включены населенные пункты, представленные точечными объектами для городов, поселков и аулов. Условия обеспеченности подземными водами представлены полигональными данными, которые описывают зоны различной обеспеченностью водными ресурсами. Это позволяет выделить территории, наиболее подходящие для обеспечения водоснабжения пастбищных территорий и населенных пунктов.



Рисунок 1 – Входные данные БД в виде набора классов объектов

Гидрогеологические условия описаны с помощью полигональных объектов, которые охватывают различные водоносные горизонты, включая песчаные, известняковые и глинистые слои. Эти данные дают возможность оценить условия залегания, количество и качество подземных вод для их дальнейшего использования.

Пастбищные массивы выделены как полигональные объекты, отражающие территории, используемые для пастбищного животноводства, включая зимовья и сезонные пастбища. Эти данные помогут в планировании обводнения территорий.

Месторождения подземных вод представлены точечными данными, указывающими на перспективные участки для отбора подземных вод. В информационную систему внесены следующие сведения: табличные данные о распределении эксплуатационных запасов подземных вод, дифференцированных по целевому назначению, в разрезе административных областей. Это основная информация для принятия решений по бурению и эксплуатации водозаборов.

Естественные ресурсы подземных вод описаны полигональными объектами, которые включают средне-многолетние величины модулей подземного стока, выраженные л/с на км². Эти данные необходимы для оценки ресурсного потенциала пресных и маломинерализованных подземных вод.

Таким образом, в результате проведенной работы была создана интегрированная БД, которая содержит структурированные данные по основным компонентам, влияющим на формирование и использование подземных вод в аридной зоне Южного Казахстана. Эта БД позволяет проводить анализ, моделирование и прогнозирование мероприятий по обводнению пастбищных территорий с учетом различных природных и антропогенных факторов.

Для дальнейшей актуализации и расширения БД рекомендуется:

- 1) проводить регулярный мониторинг уровня и качества подземных вод;
- 2) обновлять и актуализировать информацию по водозаборным сооружениям и их состоянию;
- 3) проводить оценку и анализ изменений в гидрогеологических условиях в связи с климатическими изменениями и антропогенными факторами.

Результаты

В результате структурирования гидрогеологической информации и данных из смежных дисциплин выделены следующие компоненты ГАС: данные обследования водозаборных сооружений; земельные запасы Республики Казахстан; информация о пастбищных массивах; месторождения подземных вод; основная информация о гидрогеологическом объекте и окружающей среде; ресурсы и запасы пресных подземных вод; обеспеченность пресной подземной водой (рисунок 2).

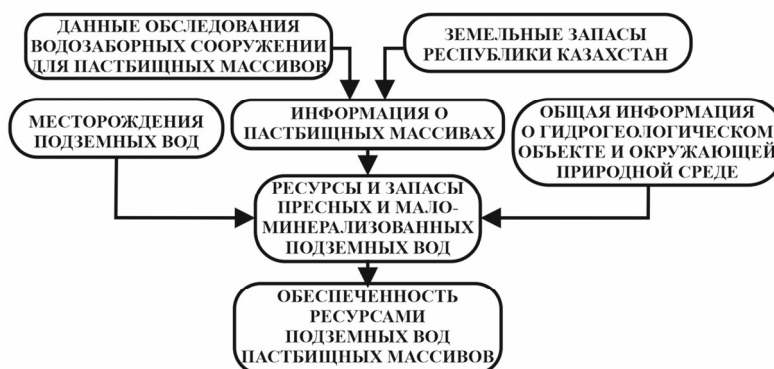


Рисунок 2 – Структура ГАС

Для проведения обследования водозаборных сооружений были использованы следующие методы:

- Полевые исследования: визуальный осмотр сооружений, инвентаризация оборудования и систем.
- Лабораторные анализы: пробы воды были взяты для анализа на соответствие стандартам качества.
- Сравнительный анализ: сравнение полученных данных с установленными нормативами и техническими условиями.

Административно территория Южного Казахстана включает пять областей: Алматинскую, Жетысускую, Жамбылскую, Кызылординскую и Туркестанскую (рисунок 3).

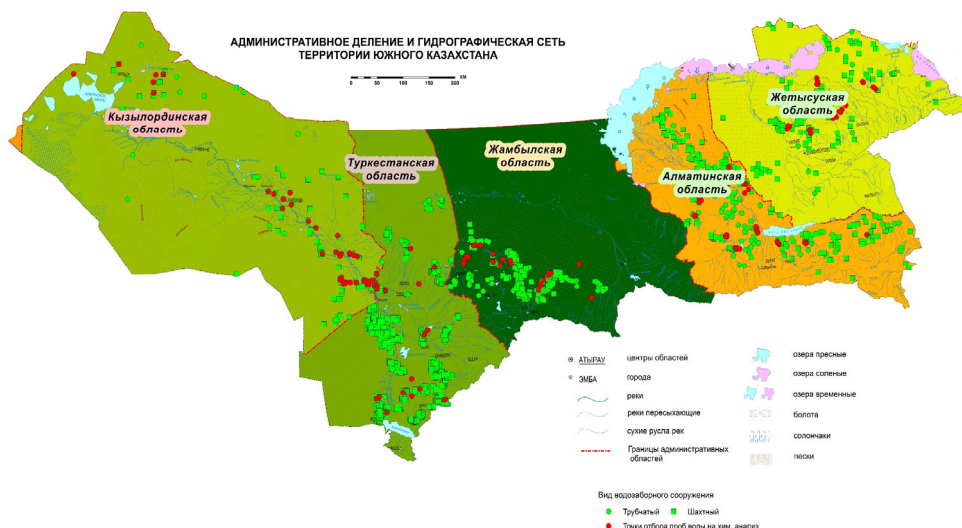


Рисунок 3 – Карта административного деления и гидрографической сети территории Южного Казахстана

Обследование и мониторинг подземных вод проведён осенью 2024 г. В информационную систему введены результаты региональных экспедиционных обследований. В базу семантических данных введены таблицы результатов химических анализов воды, точки расположения обследованных скважин. Записи таблиц связаны с графическими объектами.

Земельные запасы Южного Казахстана представлены картами расположения типов пастбищных массивов в пределах административных областей Южного Казахстана. Данные карты оцифрованы и оформлены в ГИС

системе, основываясь на исходную информацию о земельных запасах Республики Казахстан, представленной в сводном аналитическом отчете о состоянии и использовании земель за 2021 год Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан [11, с.88].

Информация о пастбищных массивах Южного Казахстана представлена картами расположения типов пастбищных массивов в пределах административных областей Южного Казахстана с дополненной информацией результатов обследования и мониторинга водозаборных сооружений, предназначенных для обводнения подземными водами пастбищных массивов (рисунок 4). Оцифрованная векторная информация добавлена в единую базу данных для составления различных тематических карт и проведения специализированных аналитических расчетов.

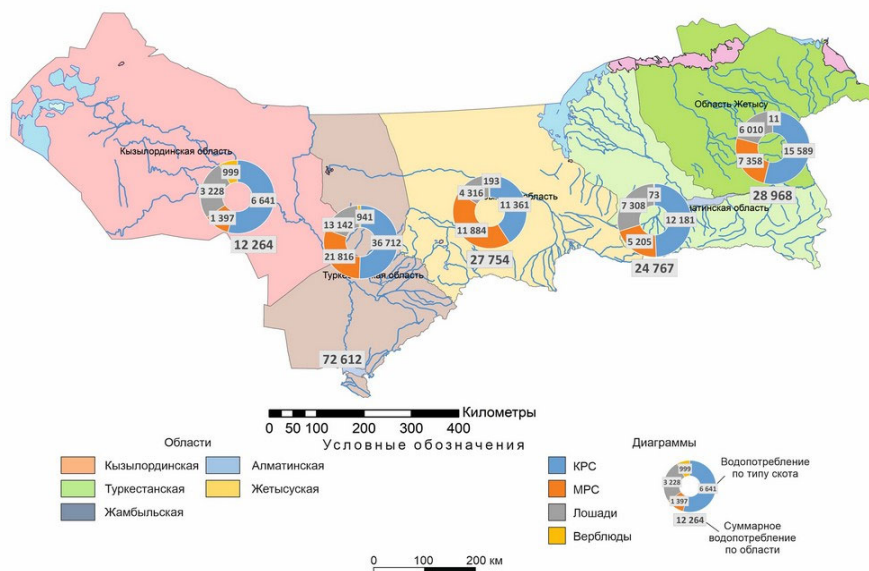


Рисунок 4 – Карта водопотребления скота административных областей Южного Казахстана

Месторождения подземных вод классифицированы по целевому назначению, генетическому типу и категориям утвержденных эксплуатационных запасов. На территории разведано 1373 месторождения подземных вод. В информационную систему внесены следующие сведения: табличные данные о распределении эксплуатационных запасов подземных вод, дифференцированные по целевому назначению, в разрезе административных областей.

Общая информация о гидрогеологическом объекте и окружающей среде основана на информации из атласа гидрогеологических карт Республики Казахстан и отображена на гидрогеологической карте Южного Казахстана. Территория находится на пересечении двух крупных геологических структур – горно-складчатой и платформенной, которые существенно отличаются по гидрогеологическим условиям.

Ресурсы и запасы подземных вод систематизированы по категориям: естественные, прогнозные и эксплуатационные. В данном блоке информационной системы представлены картами естественных ресурсов подземных вод Южного Казахстана с использованием ГИС-технологий величинами естественных ресурсов и их модулей в пределах пастбищных массивов административных областей.

Обеспеченность ресурсами пресных подземных вод определена для административных областей. В информационную систему внесены карты условий обеспеченности ресурсами подземных вод в пределах территории пастбищных территорий Южного Казахстана. На основании выделенных зон с различными условиями обеспеченности подземными водами были рассчитаны площади с разной степенью обеспеченности и составлена карта обеспеченности подземными водами пастбищных территорий (рисунок 5).

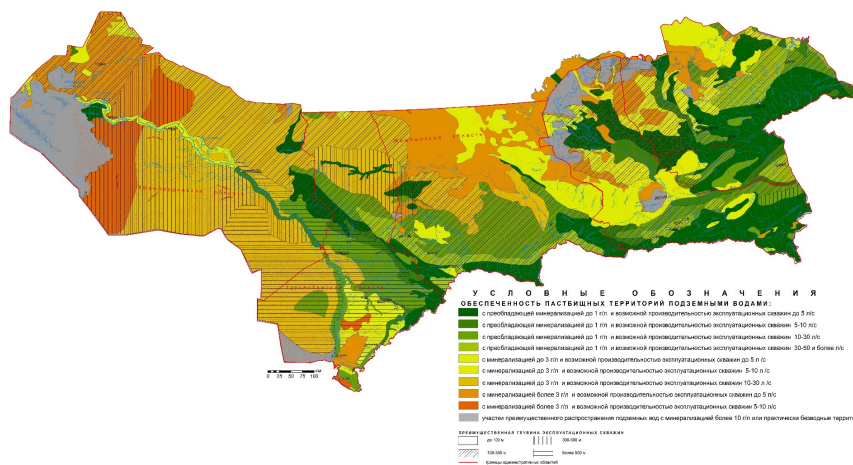


Рисунок 5 – Карта обеспеченности подземными водами пастбищных территорий Южного Казахстана

Разработки и создание ГАС перспективных водоносных горизонтов для обводнения пастбищных территорий аридной зоны Южного Казахстана обеспечит принятие управленческих решений по вопросам оценки и прогнозирования состояния использования пастбищ для скотоводства и кормопроизводства. Созданная система является открытой и может дополняться новыми сведениями.

Заключение

Для успешного функционирования гидрогеологической автоматизированной системы (ГАС) необходимо интегрировать несколько ключевых компонентов. Во-первых, требуется сбор и хранение данных о водных ресурсах, включая информацию о качестве, количестве и пространственном распределении подземных вод. Во-вторых, важно использование специализированного программного обеспечения, такого как ГИС-платформы (например, ArcGIS), для анализа, обработки и визуализации данных. Третьим компонентом является создание структурированных баз данных, содержащих архивную и актуальную информацию о подземных водах. Наконец, необходимо внедрение систем мониторинга, включая датчики и другие технологии, для контроля состояния подземных вод в режиме реального времени. ГАС в Казахстане может быть применена для решения различных задач, включая рациональное управление водными ресурсами с учетом потребностей и доступности в разных регионах, идентификацию зон риска истощения или загрязнения подземных вод и разработку мер по их защите. Система также обеспечивает государственные органы, научные учреждения и общественность актуальной информацией о состоянии подземных вод и может быть использована в образовательных программах для подготовки специалистов в области гидрогеологии и экологии.

Практика создания геоинформационных баз данных и геоинформационно-аналитической системы направлена на обеспечение устойчивости животноводства в условиях климатических и антропогенных изменений и снижения поверхностного речного стока. Полученные результаты соответствуют принятым для геоинформационных систем стандартам. Содержательное наполнение информационной системы удовлетворяет всем требованиям представления специализированной гидрогеологической информации.

В заключение следует отметить, что созданная ГАС перспективных водоносных горизонтов для обводнения пастбищных территорий аридной зоны административных областей страны является частью единой информационной системы подземных вод Казахстана, которая показала свою эффективность как в плане информационного обеспечения научных и практических работ, так и при решении гидрогеологических задач, связанных с получением новых данных. Комплексное использование разных типов материалов, геоинформационные средства анализа данных, возможность одновременного использования сведений, отражающих разные точки зрения на изучаемый гидрогеологический объект, позволяют считать систему инструментом, необходимым каждому ученому-гидрогеологу.

Информация о финансировании

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (BR 24992885 «Научно-практическое обоснование устойчивого развития отечественного животноводства на основе обводнения пастбищных территорий подземными водами»).

ЛИТЕРАТУРА:

1. **Awan, UK., Tischbein, B., Martius, C., Combining hydrological modeling and GIS approaches to determine the spatial distribution of groundwater recharge in an arid irrigation scheme** [Text] / IRRIGATION SCIENC, 2013. – Vol. 31. – Issue 4. – P.793-806 DOI:10.1007/s00271-012-0362-0.
2. **Teleubay, Z., Yermekov, F., Tokbergenov, I., Toleubekova, Z., Assylkhanova, A Balgabayev, N., Kovács, Z Identification of Potential Farm Pond Sites for Spring Surface Runoff Harvesting Using an Integrated Analytical Hierarchy Process in a GIS Environment in Northern Kazakhstan** [Text] / WATER, 2023.– Vol. 15. – Issue 12 DOI:10.3390/w15122258.
3. **Alibekova, N., Abisheva, A., Dosmukhambetova, B., Saktaganova, N., Abdikerova, U., Budikova, A. Use of Gis Technologies for Zoning Urban Areas Taking into Account Engineering-Geological Conditions** [Text] / International journal of geomat, 2023. – Vol. 25. – 110 – P. 167-175, DOI:10.21660/2023.110.3970.
4. **Senthikumar, M., Gnanasundar, D. & Arumugam, R. Identifying groundwater recharge zones using remote sensing & GIS techniques in Amaravathi aquifer system, Tamil Nadu, South India** [Text] / Sustain Environ Res 29, 15 (2019) <https://doi.org/10.1186/s42834-019-0014-7>.
5. **Sener, E., Davraz, A. & Ozelik, M. An integration of GIS and remote sensing in groundwater investigations: A case study in Burdur, Turkey** [Text] / Hydrogeol J 13, 826–834, (2005) <https://doi.org/10.1007/s10040-004-0378-5>.
6. **Boori, M.S., Choudhary, K. & Kupriyanov, A. Mapping of Groundwater Potential Zone Based on Remote Sensing and GIS Techniques: A Case Study of Kalmykia, Russia** [Text] / Opt. Mem. Neural Networks 28, P.36–49, (2019). <https://doi.org/10.3103/S1060992X1901003X>.
7. **Mogaji, K.A., Lim, H.S. Application of a GIS-/remote sensing-based approach for predicting groundwater potential zones using a multi-criteria data mining methodology** [Text] / Environ Monit Assess 189, 321, (2017) <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5990-7>.
8. **Al Saud, M. Mapping potential areas for groundwater storage in Wadi Aurnah Basin, western Arabian Peninsula, using remote sensing and geographic information system techniques** [Text] / Hydrogeol J 2010.– 18.– P.1481–1495 <https://doi.org/10.1007/s10040-010-0598-9>.
9. **Solomon, S., Quiel, F. Groundwater study using remote sensing and geographic information systems (GIS) in the central highlands of Eritrea** [Text] / Hydrogeol J., 2006. – 14. – P.729–741, <https://doi.org/10.1007/s10040-005-0477-y>.
10. **Hammouri, N., El-Naqa, A. and Barakat, M. An Integrated Approach to Groundwater Exploration Using Remote Sensing and Geographic Information System** [Text] / Journal of Water Resource and Protection, 2012.– №4 – P. 717-724, doi: 10.4236/jwarp.2012.49081.

11. Сводный аналитический отчёт о состоянии и использовании земель Республики Казахстан за 2021 год [Текст] / Комитет по управлению земельными ресурсами Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан. – Нур-Султан, 2021. – 113 с.

REFERENCES:

1. Awan UK., Tischbein B., Martius C., Combining hydrological modeling and GIS approaches to determine the spatial distribution of groundwater recharge in an arid irrigation scheme. *Irrigation Science*, 2013, vol. 31, iss. 4, pp. 793-806. DOI:10.1007/s00271-012-0362-0.
2. Teleubay Z., Yermekov F., Tokbergenov I., Toleubekova Z., Assylkhanova A., Balgabayev, N., Kovács, Z Identification of Potential Farm Pond Sites for Spring Surface Runoff Harvesting Using an Integrated Analytical Hierarchy Process in a GIS Environment in Northern Kazakhstan. *Water*, 2023, vol. 15, iss. 12. DOI:10.3390/w15122258.
3. Alibekova, N., Abisheva, A., Dosmukhambetova, B., Saktaganova, N., Abdikerova, U., Budikova, A. Use of Gis Technologies for Zoning Urban Areas Taking into Account Engineering-Geological Conditions. *International Journal of Geomat*, 2023, vol. 25, iss. 110, pp. 167-175. DOI:10.21660/2023.110.3970.
4. Senthikumar, M., Gnanasundar, D. & Arumugam, R. Identifying groundwater recharge zones using remote sensing & GIS techniques in Amaravathi aquifer system, Tamil Nadu, South India. *Sustain Environ Res.*, 2019, 29, 15. <https://doi.org/10.1186/s42834-019-0014-7>.
5. Sener, E., Davraz, A. & Ozelik, M. An integration of GIS and remote sensing in groundwater investigations: A case study in Burdur, Turkey. *Hydrogeol J.*, 2005, 13, pp. 826–834. <https://doi.org/10.1007/s10040-004-0378-5>.
6. Boori, M.S., Choudhary, K. & Kupriyanov, A. Mapping of Groundwater Potential Zone Based on Remote Sensing and GIS Techniques: A Case Study of Kalmykia, Russia. *Opt. Mem. Neural Networks*, 2019, 28, pp. 36–49. <https://doi.org/10.3103/S1060992X1901003X>.
7. Mogaji, K.A., Lim, H.S. Application of a GIS-/remote sensing-based approach for predicting groundwater potential zones using a multi-criteria data mining methodology. *Environ Monit Assess*, 2017, 189, 321 p. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5990-7>.
8. Al Saud, M. Mapping potential areas for groundwater storage in Wadi Aurnah Basin, western Arabian Peninsula, using remote sensing and geographic information system techniques. *Hydrogeol J.*, 2010, 18, pp. 1481–1495. <https://doi.org/10.1007/s10040-010-0598-9>.
9. Solomon, S., Quiel, F. Groundwater study using remote sensing and geographic information systems (GIS) in the central highlands of Eritrea. *Hydrogeol J.*, 2006, 14, pp. 729–741. <https://doi.org/10.1007/s10040-005-0477-y>.
10. Hammouri, N., El-Naqa, A. and Barakat, M. An Integrated Approach to Groundwater Exploration Using Remote Sensing and Geographic Information System. *Journal of Water Resource and Protection*, 2012, 4, pp. 717-724. DOI: 10.4236/jwarp.2012.49081.
11. Svodny'j analiticheskiy otchyot o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' Respubliki Kazahstan za 2021 god [Comprehensive analytical report on the state and use of land in the Republic of Kazakhstan for 2021]. Nur-Sultan, 2021, 113 p. (In Russian).

Сведения об авторах:

Оңласынов Жұлдызбек Әліханұлы* – PhD, заведующий лабораторией ГИС-технологий и ДЗЗ, Институт гидрогеологии и геоэкологии им У.М. Ахметсафина, Satbayev University, Республика Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Валиханова 94, тел.: +7-771-621-75-11, e-mail: onlasynov@mail.ru.

Муратова Мира Муратовна – ведущий инженер лаборатории ГИС-технологий и ДЗЗ, Институт гидрогеологии и геоэкологии им У.М. Ахметсафина, Satbayev University, Республика Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Валиханова 94, тел.: 8-7272-91-46-86, e-mail: doc-mira@mail.ru.

Оңласынов Жұлдызбек Әліханұлы* – PhD, ЖҚЗ және ГАЖ технологиялары зертханасының меңгерушісі, У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты, Satbayev University, Қазақстан Республикасы, 050010, Алматы қ., Уәлиханов көш. 94, тел.: +7-771-621-75-11, e-mail: zhuldyzbek.onlasynov@mail.ru.

Муратова Мира Мұратқызы – ЖҚЗ және ГАЖ технологиялары зертханасының бас инженері, У.М. Ахмедсафин атындағы гидрогеология және геоэкология институты, Satbayev University, 050010, Алматы қ., Уәлиханов көш. 94, тел.: 8-7272-91-46-86, e-mail: doc-mira@mail.ru.

Onlassynov Zhuldyzbek Alikhanuly* – PhD, Head of the Laboratory of GIS technologies and earth remote sensing, Akhmedsafin Institute of Hydrogeology and Geoecology, Satbayev University, Republic of Kazakhstan, 050010, Almaty, 94 Valikhanov Str., tel.: +7-771-621-75-11, e-mail: zhuldyzbek.onlasynov@mail.ru.

Muratova Mira Muratovna – Leading Engineer of the Laboratory of GIS technologies and earth remote sensing, Akhmedsafin Institute of Hydrogeology and Geoecology, Satbayev University, Republic of Kazakhstan, 050010, Almaty, 94 Valikhanov Str., tel.: 8-7272-91-46-86, e-mail: doc-mira@mail.ru.