

ЦИФРОВОЙ МОНИТОРИНГ ПОДЗЕМНЫХ ВОД КАК ИНСТРУМЕНТ УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ

Каримов М.И

Заместитель заведующего кафедрой по учебной работе Ташкентского
государственного технического университета доктор наук, профессор.

Мирзаева Зарифа

магистрант 1 курса работе Ташкентского государственного технического
университета направления «Геология нефтяных и газовых месторождений»
<https://doi.org/10.5281/zenodo.21028085>

Аннотация: В статье рассмотрены современные подходы к цифровому мониторингу подземных вод и его роль в обеспечении рационального использования водных ресурсов. Проанализированы возможности применения геоинформационных систем, автоматизированных систем наблюдений, дистанционного зондирования Земли и технологий искусственного интеллекта в гидрогеологических исследованиях. Показано, что внедрение цифровых технологий позволяет повысить эффективность контроля состояния подземных вод, своевременно выявлять негативные изменения гидрогеологической среды и принимать обоснованные управленческие решения.

Ключевые слова: подземные воды, гидрогеологический мониторинг, цифровизация, ГИС-технологии, дистанционное зондирование, водные ресурсы, искусственный интеллект.

Введение: Подземные воды являются важнейшей составляющей природных ресурсов и играют значительную роль в обеспечении населения питьевой водой, развитии сельского хозяйства и промышленности. В условиях роста водопотребления, изменения климата и усиления антропогенного воздействия возрастает необходимость постоянного контроля количественного и качественного состояния подземных вод. Традиционные методы гидрогеологических наблюдений основаны на периодических измерениях уровней воды, проведении гидрохимических анализов и обследовании водозаборных сооружений. Однако развитие цифровых технологий открывает новые возможности для получения оперативной информации о состоянии водоносных горизонтов и прогнозирования изменений гидрогеологической обстановки. В настоящее время цифровой мониторинг рассматривается как одно из наиболее перспективных направлений развития гидрогеологии. Его применение позволяет значительно повысить точность наблюдений, сократить затраты времени на обработку данных и обеспечить эффективное управление водными ресурсами.

Роль мониторинга в изучении подземных вод Гидрогеологический мониторинг представляет собой систему регулярных наблюдений, оценки и прогнозирования состояния подземных вод. Основной целью мониторинга является получение достоверной информации о режиме подземных вод и выявление факторов, оказывающих влияние на их состояние. Основными задачами мониторинга являются: наблюдение за изменением уровней подземных вод; контроль химического состава вод; оценка гидродинамических процессов; выявление источников загрязнения; прогнозирование изменений водных ресурсов; обеспечение экологической безопасности территорий. Особую актуальность мониторинг приобретает в засушливых регионах, где подземные воды являются важным источником

водоснабжения. Для Республики Узбекистан вопросы рационального использования и охраны подземных вод имеют стратегическое значение в связи с ограниченностью водных ресурсов и возрастающей нагрузкой на природную среду.

Современные цифровые технологии гидрогеологического мониторинга Одним из важнейших направлений цифровизации гидрогеологических исследований является внедрение автоматизированных систем наблюдений. Такие системы позволяют проводить непрерывный контроль параметров подземных вод в режиме реального времени. Современные датчики обеспечивают автоматическое измерение: уровня подземных вод; температуры; минерализации; электропроводности; кислотности среды (рН); давления в водоносных горизонтах. Полученные данные передаются через телекоммуникационные сети в единые информационные центры, где осуществляется их обработка и анализ. Автоматизация наблюдений позволяет исключить влияние человеческого фактора, повысить точность измерений и своевременно реагировать на возникающие изменения гидрогеологической обстановки. Применение геоинформационных систем Важное место в цифровом мониторинге занимают геоинформационные системы (ГИС). Они обеспечивают сбор, хранение, обработку и визуализацию пространственных данных о состоянии подземных вод.

Использование ГИС-технологий позволяет: создавать цифровые карты водоносных горизонтов; анализировать пространственное распределение гидрогеологических параметров; моделировать движение подземных вод; прогнозировать изменение уровня режима; выявлять зоны потенциального загрязнения. ГИС становятся эффективным инструментом интеграции данных, поступающих из различных источников наблюдений. Благодаря этому появляется возможность комплексной оценки состояния гидрогеологической среды и повышения качества принимаемых решений. Особенно перспективным является создание цифровых гидрогеологических моделей, позволяющих прогнозировать последствия хозяйственной деятельности и оценивать устойчивость водоносных систем к внешним воздействиям.

Использование дистанционного зондирования Земли Современные методы дистанционного зондирования Земли значительно расширяют возможности гидрогеологических исследований. Спутниковые данные позволяют получать информацию о состоянии природной среды на обширных территориях без проведения дорогостоящих полевых работ. Дистанционные методы применяются для: выявления зон питания подземных вод; изучения процессов опустынивания; оценки влажности почв; мониторинга техногенного воздействия; анализа изменений природных ландшафтов. Использование спутниковых технологий особенно актуально для регионов с большой площадью и ограниченной сетью наблюдательных скважин. Совмещение данных дистанционного зондирования с результатами наземных наблюдений обеспечивает более полное понимание гидрогеологических процессов. Искусственный интеллект и прогнозирование состояния подземных вод Одним из наиболее перспективных направлений развития цифрового мониторинга является применение технологий искусственного интеллекта и машинного обучения.

Современные алгоритмы позволяют анализировать большие массивы гидрогеологических данных и выявлять скрытые закономерности, которые трудно определить традиционными методами. С помощью искусственного интеллекта возможно: прогнозирование уровней подземных вод; оценка риска истощения водоносных горизонтов; выявление аномалий в работе мониторинговых систем; прогнозирование распространения загрязняющих веществ; оптимизация управления водными ресурсами. Использование интеллектуальных систем способствует повышению точности прогнозов и снижению рисков, связанных с эксплуатацией подземных вод. Перспективы развития цифрового мониторинга в Узбекистане. В условиях реализации программ цифровой трансформации Республики Узбекистан особое внимание уделяется внедрению современных информационных технологий в сферу природопользования.

Создание национальной цифровой системы мониторинга подземных вод позволит обеспечить централизованный сбор данных, повысить эффективность управления водными ресурсами и укрепить экологическую безопасность страны. Перспективными направлениями являются: расширение сети автоматизированных наблюдательных пунктов; внедрение интеллектуальных систем обработки данных; разработка цифровых гидрогеологических моделей; интеграция спутниковых и наземных наблюдений; создание единой геоинформационной базы данных по подземным водам. Реализация указанных мероприятий будет способствовать устойчивому развитию водохозяйственного комплекса и рациональному использованию природных ресурсов.

Заключение: Цифровой мониторинг подземных вод представляет собой современный и эффективный инструмент управления водными ресурсами. Использование автоматизированных систем наблюдений, геоинформационных технологий, дистанционного зондирования Земли и методов искусственного интеллекта позволяет значительно повысить качество гидрогеологических исследований. Для Узбекистана внедрение цифровых технологий в систему мониторинга подземных вод имеет важное научное и практическое значение. Развитие данного направления будет способствовать обеспечению водной безопасности, охране окружающей среды и рациональному использованию подземных вод в интересах устойчивого развития страны.

Adabiyotlar, References, Литературы:

1. Шестаков В.М. Гидрогеология. – М.: Издательство МГУ, 2019.
2. Мирзаев А.А. Подземные воды Узбекистана и их рациональное использование. – Ташкент, 2021.
3. Государственный комитет геологии Республики Узбекистан. Материалы по мониторингу подземных вод. – Ташкент, 2023.
4. Anderson M.P., Woessner W.W. Applied Groundwater Modeling. – Academic Press, 2020.
5. Todd D.K., Mays L.W. Groundwater Hydrology. – New York: Wiley, 2018.
6. UNESCO. Groundwater Monitoring and Management Guidelines. – Paris, 2022.
7. Национальная стратегия управления водными ресурсами Республики Узбекистан. – Ташкент, 2022.