

4. Ирен Хан. Доклад Специального докладчика по вопросу о поощрении и защите права на свободу мнений и их свободное выражение. Генеральная Ассамблея ООН. 12 August 2022.

5. Квон Д.А., Павлова Т.П., Цвык И.В. Философия и методология искусственного интеллекта. М., 2021.

6. Пороховский А. А. Цифровизация и искусственный интеллект: перспективы и вызовы. //Экономика. Налоги. Право. 2020. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-i-iskusstvennyy-intellekt-perspektivy-i-vyzovy> (дата обращения: 10.04.2025).

7. В.А.Цвык, И.В.Цвык. Социальные проблемы развития и применения искусственного интеллекта. //Вестник российского университета дружбы народов. Серия Социология. Том 22. №1. 2022.

8. Чулюков В. А., Дубов В. М. Искусственный интеллект и будущее образования // Современное педагогическое образование. 2020. №3.

РЕШЕНИЕ НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ ДВИЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В МНОГОСЛОЙНЫХ ПЛАСТАХ

Каримов Марат Махмаражабович

Научно-исследовательский институт развития цифровых технологий и
искусственного интеллекта

karimovmarat704@gmail.com

Аннотация: В данной статье рассматривается неустановившееся движение подземных вод в системе из трёх водоносных горизонтов. Гидрогеологическая структура состоит из хорошо проницаемого основного водоносного горизонта, слабо проницаемой прослойки и покрывающего слоя. В расчётах учитываются инфильтрация, испарение, вертикальные и горизонтальные дренажи, а также взаимодействие с нижележащими водоносными горизонтами через промежуточный слой. Для решения задачи используется конечно-разностная аппроксимация дифференциальных уравнений.

Ключевые слова: подземные воды, многослойные пласты, неустановившееся фильтрационное движение, конечные разности, инфильтрация, испарение, водоносный горизонт.

MODELING GROUNDWATER MOVEMENT IN MULTILAYERED AQUIFERS

Abstract: This paper considers unsteady groundwater flow in a system of three aquifers. The hydrogeological structure consists of a highly permeable main aquifer, a poorly permeable interlayer, and a capping layer. The calculations take into account infiltration, evaporation, vertical and horizontal drainage, and interaction with underlying aquifers through the intermediate layer. Finite-difference approximation of differential equations is used to solve the problem.

Keywords: groundwater, multilayer strata, unsteady filtration flow, finite differences, infiltration, evaporation, aquifer.

KO'P QATLAMLI SUVLI MUHITLARDA YER OSTI SUVLARI HARAKATINI MODELLASHITIRISH

Annotatsiya: Ushbu maqolada er osti suvlarining uchta suvli qatlam tizimidagi beqaror harakati muhokama qilinadi. Gidrogeologik tuzilish yuqori o'tkazuvchanlik darajasi yuqori

bo'lgan asosiy suv qatlami, yomon o'tkazuvchan oraliq qatlam va qoplovchi qatlamdan iborat. Hisob-kitoblar infiltratsiya, bug'lanish, vertikal va gorizontal drenajni, shuningdek, oraliq qatlam orqali er osti suvli qatlamlari bilan o'zaro ta'sirini hisobga oladi. Muammoni hal qilish uchun differensial tenglamalarning chekli ayirmalari yaqinlashuvi qo'llaniladi.

Kalit so'zlar: yer osti suvlari, ko'p qatlamli qatlamlar, turg'un bo'lmagan filtratsiya harakati, chekli farqlar, infiltratsiya, bug'lanish, suvli qatlam.

Движение подземных вод в сложной многослойной геологической среде имеет важное значение при решении практических задач мелиорации, орошения и проектирования гидротехнических сооружений. Рациональное использование водных ресурсов требует детального анализа этих процессов. В данной задаче изучается движение подземных вод в геологической среде, состоящей из трёх слоёв. Эти слои естественным образом располагаются один над другим и отличаются своей водопроницаемостью. Самый верхний слой называется покрывающим. Через него атмосферные осадки или поливная вода проникают вглубь. В этом слое также происходит испарение, то есть часть воды, находящейся близко к поверхности, испаряется в атмосферу. Хотя слой достаточно плотный, он пропускает небольшое количество воды. Под покрывающим слоем находится основной водоносный горизонт, обладающий высокой водопроницаемостью [1].

В этом слое подземные воды перемещаются в основном по горизонтали. Здесь сосредоточены основные запасы воды, которые могут использоваться через скважины или выводиться с помощью дренажных систем. Этот слой имеет большое значение для водоснабжения и сельского хозяйства. Между основным водоносным горизонтом и нижележащими слоями расположена слабо проницаемая прослойка. Через неё вода передвигается очень медленно - как сверху вниз, так и снизу вверх. Эта прослойка обеспечивает гидравлическую связь между слоями, однако обмен воды происходит очень медленно. Движение подземных вод изменяется со временем. При обильных осадках усиливается инфильтрация, и уровень подземных вод поднимается. В засушливый период или при высоком испарении уровень воды понижается [2]. Забор воды из скважин также влияет на уровень. Если в районе имеется дренажная система, она способствует стабилизации уровня за счёт отвода избыточной воды. Математическое моделирование позволяет выразить эти физические процессы с помощью уравнений, что даёт возможность предсказать изменения уровня воды, определить зоны накопления или дефицита, а также оптимизировать размещение скважин и проектирование дренажей [3-5].

Модель описывается следующим уравнением:

$$\begin{cases} \mu_6 \frac{\partial H_1}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k_6 H_1 \frac{\partial H_1}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_6 H_1 \frac{\partial H_1}{\partial y} \right) - k_6 \left(1 - \frac{H}{H_1} \right) + f - W, \\ \mu \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(T \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T \frac{\partial H}{\partial y} \right) + k_6 \left(1 - \frac{H}{H_1} \right) - k_{II} \frac{\partial H_2}{\partial z} \Big|_{z=-m} - Q, \\ \frac{1}{a_{II}} \cdot \frac{\partial H_2}{\partial t} = \frac{\partial^2 H_2}{\partial z^2}. \end{cases}$$

с начальными и краевыми условиями

$$\begin{aligned}
H_1 &= H_{10}, H = H_0, H_2 = H_{20}. \\
\left\{ \begin{aligned} k_{\epsilon} \frac{\partial H_1}{\partial x} \Big|_{x=0} &= -\xi(H_1 - H_{10}); \quad k_{\epsilon} \frac{\partial H_1}{\partial x} \Big|_{x=L_x} = \xi(H_1 - H_{10}); \\ k_{\epsilon} \frac{\partial H_1}{\partial y} \Big|_{y=0} &= -\xi(H_1 - H_{10}); \quad k_{\epsilon} \frac{\partial H_1}{\partial y} \Big|_{y=L_y} = \xi(H_1 - H_{10}). \end{aligned} \right. \\
\left\{ \begin{aligned} k \frac{\partial H}{\partial x} \Big|_{x=0} &= -\eta(H - H_0); \quad k \frac{\partial H}{\partial x} \Big|_{x=L_x} = \eta(H - H_0); \\ k \frac{\partial H}{\partial y} \Big|_{y=0} &= -\eta(H - H_0); \quad k \frac{\partial H}{\partial y} \Big|_{y=L_y} = \eta(H - H_0). \end{aligned} \right. \\
k_{\Pi} \frac{\partial H_2}{\partial z} \Big|_{z=0} &= 0. \\
W &= \begin{cases} W_0 \left(1 - \frac{H_1}{H_{1kp}} \right)^n, & H_1 > H_{1kp}; \\ 0, & H_1 \leq H_{1kp}; \end{cases}
\end{aligned}$$

где $H_1(x, y, t)$ - уровень грунтовых вод от свободной поверхности до кровли основного водоносного горизонта; $H(x, y, t)$ - напор основного водоносного горизонта; $H_2(x, y, z, t)$ - напор в пределах слабопроницаемой прослойки; $T(x, y) = mk$ - функция фильтрационная проводимость основного горизонта; $a_{\Pi} = \frac{k_{\Pi} m_{\Pi}}{\mu_{\Pi}^*}$ - коэффициенты пьезопроводности слабопроницаемой прослойки соответственно; $k_{\epsilon}, k, k_{\Pi}, m_{\epsilon}, m, m_{\Pi}$ - коэффициенты фильтрации и мощности покровной толщи, основного пласта и слабопроницаемой прослойки соответственно; μ_{ϵ} - коэффициент водоотдачи или недостаток насыщения покровной толщи; μ, μ_{Π} - коэффициенты упругой водоотдачи; n - показатель степени; f - функция инфильтрации; x, y, z - пространственные координаты; W_0 - величина испарения с дневной поверхности; H_{1kp} - критический уровень; Q - дебит скважин.

Для дискретизации и численное решение используется метод конечных разностей [5]:

- по времени — явная схема,
- по пространству — центральные разности.

В каждой точке расчётной сетки формируется система линейных алгебраических уравнений. Решение осуществляется итерационными методами, такими как метод Якоби или Гаусса-Зейделя.

Построенная на основе метода конечных разностей модель даёт возможность анализировать сложное движение подземных вод в многослойных гидрогеологических системах [6]. Она является эффективным инструментом для решения практических задач управления водными ресурсами и проектирования гидротехнических систем.

Список литературы

1. Ф.Б.Абуталиев, Решение задач неустановившийся фильтрации, издательство «Фан», Ташкент, 1972.
2. Jwan Sabah Mustafa, Dana Khider Mawlood, Mathematical modelling for groundwater management for multilayers aquifers (Erbil basin), Ain Shams Engineering Journal, Volume 15, Issue 7, 2024.
3. Daliev Sh., Sirojiddinov F., Khaitov O., Developing Mathematical Models to Study Changes in Groundwater Levels and Salt Concentration E3S Web Conf. 589 03011 (2024) DOI: 10.1051/e3sconf/202458903011
4. Ravshanov N., Daliev S. Non-linear mathematical model to predict the changes in underground water level and salt concentration // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1441. – Art. 012163.
5. И.Б.Бадриев, Б. Я. Фанюк, “Итерационные методы решения задач фильтрации в многослойных пластах при наличии точечного источника”, Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Физ.-матем. науки, 152, № 4, Изд-во Казанского ун-та, Казань, 2010.
6. Самарский А.А., Итерационные методы для сеточных уравнений. Математические структуры. Вычислительная математика. Математическое моделирование. Труды, посвященные 60-летию ак. Илиева, София, 1975, с.153-164.

RFID TEXNOLOGIYASIGA INTEGRATSIYALASHGAN SEIR-L MODELI

Samandarov Batirbek Satimovich

Toshkent axborot texnologiyalari universiteti doktoranti

batirbeksamandarov@gmail.com

Annotatsiya: Maqolada RFID texnologiyasi asosida infeksiyon kasalliklarning tarqalishini bashorat qilish uchun SEIR-L modeli taklif etiladi. SEIR-L modeli yordamida real vaqt rejimida infeksiyon xavflarni aniqlash va ularga qarshi chora-tadbirlar ko‘rish imkoniyatlari yaratilib, chorva fermalarida epidemiyalarning oldini olishda muhim instrument bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: RFID, SEIR-L modeli, infeksiyon kasalliklar, epidemiyalarni bashoratlash, real vaqt monitoring

SEIR-L МОДЕЛЬ ИНТЕГРИРОВАННАЯ С ТЕХНОЛОГИЕЙ RFID

Аннотация: В статье предлагается модель SEIR-L для прогнозирования распространения инфекционных заболеваний на основе технологии RFID. С помощью модели SEIR-L создаются возможности для определения эпидемиологических рисков в реальном времени и разработки мер для их предотвращения, что является важным инструментом для предотвращения эпидемий на животноводческих фермах.

Ключевые слова: RFID, модель SEIR-L, инфекционные заболевания, прогнозирование эпидемий, мониторинг в реальном времени

SEIR-L MODEL INTEGRATED WITH RFID TECHNOLOGY

Abstract: This article proposes the SEIR-L model for predicting the spread of infectious diseases based on RFID technology. The SEIR-L model creates opportunities for identifying epidemiological risks in real-time and implementing preventive measures, serving as an important tool for preventing epidemics in livestock farms.