

Оценка пополнения запасов подземных вод, с использованием метода кумулятивного оттока осадков, для провинции Бак Льеу, дельта реки Меконг, Вьетнам

¹ Тинь Хоа Ту (<https://orcid.org/0009-0000-6297-217X>), hoaitu0609@hotmail.com

² Шакиров Ренат Белалович (<https://orcid.org/0000-0003-1202-0351>), ren@poi.dvo.ru

³ Нгуен Ван Хоанг (<https://orcid.org/0000-0001-8984-459X>), n_v_hoang_vdc@yahoo.com

¹ Тран Тхи Тхуй Хуонг (<https://orcid.org/0009-0007-1211-6587>), thuyhuong7th@gmail.com

⁴ Нгуен Тхе Чуен, nguyenchuyenhung@gmail.com

² Ли Наталья Сергеевна (<https://orcid.org/0000-0001-6658-6946>), lee@poi.dvo.ru

^{2@} Мальцева Елена Валерьевна (<https://orcid.org/0000-0003-3230-7042>), ekor@poi.dvo.ru

² Веникова Анна Леонидовна (<https://orcid.org/0000-0002-1445-8579>), anett@poi.dvo.ru

¹ Институт морской геологии и геофизики ВАНТ, Ханой, Вьетнам

² Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Россия

³ Институт геологических наук Вьетнамской академии наук и технологий, Ханой, Вьетнам

⁴ Национальный центр планирования и исследования водных ресурсов, Ханой, Вьетнам

[Резюме](#) [PDF RUS](#) [PDF ENG](#) [Полный текст PDF ENG](#)

Резюме. Оценка подпитки грунтовых вод (ГВ) за счет атмосферных осадков важна для определения ресурсов ГВ при освоении и управлении водными ресурсами. В настоящее время ГВ широко эксплуатируются и являются важным источником пресной воды для населения во вьетнамской дельте р. Меконг, особенно в засушливые сезоны. Для достижения устойчивого использования ресурсов ГВ важно определить ежегодный возобновляемый резерв ГВ благодаря подпитке дождевой водой. В работе приведена аргументация применимости метода кумулятивного притока осадков (cumulative rainfall departure, CRD) для оценки подпитки ГВ для глубоких водоносных горизонтов. Используются данные о количестве осадков и уровнях ГВ водоносных горизонтов в провинции Бакльеу. По результатам анализа методом CRD, доли кумулятивного оттока осадков для водоносных горизонтов голоцена (qh), верхнего плейстоцена (qp_3), среднего–верхнего плейстоцена (qp_{2-3}) и нижнего плейстоцена (qp_1) соответственно составляют 0.08 %, 0.18, 0.55 и 0.50 %, то есть всего 1.31 % от количества осадков. Корреляция Пирсона между наблюдаемыми и модельными уровнями воды высокая, от 0.898 до 0.925. Общий годовой запас ГВ от осадков над провинцией оценивается в 74.07 млн м³, что эквивалентно 203 000 м³/день, т.е. на 16 % ниже текущего забора в 23 600 м³/день. Полученные результаты важны для последующего сравнения с бассейном р. Красная на севере Вьетнама, где кроме оценки ресурсов грунтовых вод необходимо вести учет поступления подземных вод, в том числе из геотермальной системы рифтовой зоны р. Красная.

Ключевые слова:

дельта Меконга, мониторинг подземных вод, плейстоцен, голоцен, корреляция Пирсона, возобновляемые водные ресурсы

For citation: Trinh Hoai Thu, Shakirov R.B., Nguyen Van Hoang, Tran Thi Thuy Huong, Nguyen The Chuyen, Lee N.S., Maltceva E.V., Venikova A.L. Estimation of groundwater recharge using the cumulative rainfall departure method for Bac Lieu province, Mekong Delta, Vietnam. *Geosistemy perehodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2024, vol. 8, No. 4, pp. 367–380. <https://doi.org/10.30730/gtr.2024.8.4.367-380>; <https://www.elibrary.ru/qmtjyf>

Список литературы

1. Eastham J., Mpelasoka F., Mainuddin M., Ticehurst C., Dyce P., Hodgson G., Ali R., Kirby M. **2008.** *Mekong River basin water resources assessment: Impacts of climate change*. CSIRO: Water for a Healthy Country National Research Flagship.
2. Phuc D.D. **2008.** *General on groundwater resources*. Department of Water Resources Management, Hanoi, Water Sector Review Project.

3. IDE Cambodia, **2009**. *Strategic study of groundwater resources in Prey Veng and Svay Rieng (Phase 1)*. Final Report. Rural Poverty Reduction Project, Seila Task Force Secretariat, IFAD Loan No: 623-KH, Phnom Penh.
4. Wagner F., Tran V.B, Renaud F.G. **2012**. *Groundwater resources in the Mekong Delta: Availability, utilization, and risks in the Mekong Delta system*. Eds Renaud F., Kuenzer C. Dordrecht: Springer Environmental Science and Engineering.
5. Nuber T., Stolpe H. **2008**. *Challenges of groundwater management in Can Tho City, Viet Nam*. (Hannover: BGR-Symposium Sanitation and Groundwater Protection).
6. IUCN (The International Union for Conservation of Nature). **2011**. *Groundwater in the Mekong Delta*. Discussion paper in Mekong Water Dialogues.
7. Danh V.T., Khai H.V. **2015**. Household demand and supply for clean groundwater in the Mekong Delta, Vietnam. *Renewables*, 2(4). <https://doi.org/10.1186/s40807-014-0004-7>
8. Erban L.E., Gorelick S.M., Zebker H.A. **2014**. Groundwater extraction, land subsidence, and sea-level rise in the Mekong Delta, Vietnam. *Environmental Research Letters*, 9(8): 084010. DOI: 10.1088/1748-9326/9/8/084010
9. Minderhoud P.S.J., Erkens G., Pham V.H., Bui V.T., Erban L., Kooi H., Stouthamer E. **2017**. Impacts of 25 years of groundwater extraction on subsidence in the Mekong Delta, Vietnam. *Environmental Research Letters*, 12(6): 064006. DOI: 10.1088/1748-9326/aa7146
10. Minderhoud P.S.J., Coumou L., Erkens G., Middelkoop H., Stouthamer E. **2019**. Mekong Delta is much lower than previously assumed in sea-level rise impact assessments. *Nature Communications*, 10(1): 3847. DOI: 10.1038/s41467-019-11602-1
11. Minderhoud P.S.J., Middelkoop H., Erkens G., Stouthamer E. **2020**. Groundwater extraction may drown mega-delta: projections of extraction-induced subsidence and elevation of the Mekong delta for the 21st century. *Environmental Research Communications*, 2(1): 011005. DOI: 10.1088/2515-7620/ab5e21.
12. Eslami S., Hoekstra P., Kernkamp H.W.J., Nguyen Trung N., Do Duc D., Nguyen Nghia H., Tran Quang T., van Dam A., Darby S.E., Parsons D.R., Vasilopoulos G., Braat L., van der Vegt M. **2021**. Dynamics of salt intrusion in the Mekong Delta: results of field observations and integrated coastal–inland modeling. *Earth Surface Dynamics*, 9(4): 953–976. DOI: 10.5194/esurf-9-953-2021
13. Hori H. **2000**. *The Mekong: Environment and Development*. Tokyo, United Nations University.
14. Phong V.V.L., Hai V., Luyen K.B., Anh N.T., Chien V.P., Giang V.N., Phuong A.T. **2021**. Responses of groundwater to precipitation variability and ENSO in the Vietnamese Mekong Delta. *Hydrology Research*, 52(6): 1280–1293. DOI: 10.2166/nh.2021.024
15. Jan L.G., Hung V.P., Gualbert H.P.O.E., Marc F.P.B. **2021**. The three-dimensional groundwater salinity distribution and fresh groundwater volumes in the Mekong Delta, Vietnam, inferred from geostatistical analyses. *Earth System Science Data*, 13(7): 3297–3319. <https://doi.org/10.5194/essd-13-3297-2021>
16. Xu Y., Van Tonder G.J. **2001**. Estimation of recharge using a revised CRD method. *Water SA*, 27(3): 341–344. <https://doi.org/10.4314/wsa.v27i3.4977>
17. Kinzelbach W., Aeschbach W., Alberich C., Goni I.B., Beyerle U., Brunner P., Chiang W.-H., Rueedi J., Zoellmann K. **2002**. *A survey of methods for groundwater recharge in arid and semi-arid regions*. Early Warning and Assessment Report Series, UNEP/DEWA/RS.02-2, United Nations Environment Program, Nairobi, Kenya.
18. Bredenkamp D.B., Botha L.J., Van Tonder G.J., Van Rensburg H.J. **1995**. *Manual on quantitative estimation of groundwater recharge and aquifer storativity: Based on practical hydro-logical methods*. WRC Report No. TT 73/95, Water Research Commission, Pretoria.
19. Xu Y., Beekman H.E (eds). **2003**. *Review of groundwater recharge estimation in arid and semi-arid southern Africa*. Groundwater Recharge Estimation in Southern Africa. UNESCO IHP Series, No. 64. Paris: UNESCO.
20. Adams S., Titus R., Xu Y. **2004**. *Groundwater recharge assessment of the basement aquifers of Central Namaqualand*. WRC Report No. 1093/1/04, Water Research Commission, Pretoria.
21. Baalousha H. **2005**. Using CRD method for quantification of groundwater recharge in the Gaza Strip, Palestine. *Environmental Geology*, 48: 889–900. <https://doi.org/10.1007/s00254-005-0027-x>
22. Rasoulzadeh A., Moosavi S.A.A. **2007**. Study of groundwater recharge in the vicinity of Tashk Lake area. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions B-Engineering*, 31(B5): 509–521.
23. Xu Y., Jovanovic N.Z., Kapangaziwiri E., Brendonck L., Bagan R.D.H. **2013**. Application of the rainfall infiltration breakthrough (RIB) model for groundwater recharge estimation in west coastal South Africa. *Water SA*, 39(2): 221–230. <https://doi.org/10.4314/wsa.v39i2.5>
24. Roi N.D. **2014**. Estimation of groundwater recharge of the Holocene aquifer from rainfall by RIB method for Hung Yen province. *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*, 30(4): 49–63.
25. Phuong D.N.D., Cuong D.K., Ton D.D., Nguyen K.L. **2018**. Long-term spatiotemporal warming tendency in the Vietnamese Mekong Delta based on observed and high–resolution gridded datasets. *European Journal of Climate Change*, 1(1): 1–16. <https://doi.org/10.34154/2019-ejcc-0101-01-16/eurass>
26. DWRPIS, **2018**. *Compilation and edition of Vietnam groundwater resources mapping, Southern Vietnam Plain, scale 1: 200,000, Bac Lieu province* (Division for Water Resources Planning and Investigation for the South of Vietnam).
27. Fetter C.W. **2001**. *Applied hydrogeology*. 4th ed. Prentice Hall.
28. NAWAPI, **2023**. *Groundwater monitoring data* (National Center for Water Resources Planning and Investigation for the South of Vietnam).