ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА
2018, № 6

ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 550.4; 556.3; 551.311.8

ВОЗРАСТ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВОД СРЕДНЕПЛИОЦЕНОВОГО ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА ДЕЛЬТЫ МЕКОНГА (ВЬЕТНАМ) ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАДИОУГЛЕРОДНОГО ДАТИРОВАНИЯ

В.Х.-К. ЛАМ[1], А.Б. ЛИСЕНКОВ[1], В.Ю. ЛАВРУШИН[2], К. В. БЕЛОВ[1]

[1]ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе»
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия
e-mail: lamviet2906@gmail.com, Lisenkov.rsgpu@mail.ru, kostik-belowne@rambler.ru

[2]Геологический институт РАН
7, Пыжевский пер., г. Москва 119017, Россия
e-mail: v_lavrushin@ginras.ru

Результаты исследований и оценки воздействий изменения климата на подземные воды в дельте Меконга показали, что эксплуатация четвертичных водоносных горизонтов не решает всех проблем водоснабжения региона. Поэтому в планировании эксплуатации подземных вод наибольшие перспективы связываются с плиоценовыми водоносными горизонтами. Таким образом, использование изотопных исследований для определения возраста и условий формирования подземных вод в среднеплиоценовом водоносном (n_2^2) горизонте является актуальным вопросом, влияющим на схему эксплуатации подземных вод. Определение возраста с использованием радиоактивного изотопа C^{14} в комплексе с методом геостатистической интерполяции позволило построить карту возрастов подземных вод среднеплиоценового водоносного горизонта с высокой точностью и определить местоположение области питания на северо-востоке дельты Меконга (Юго-Восточная область). Движение потока подземных вод со скоростью 8 м/год здесь ориентировано из области питания в юго-западном направлении. Разгрузка осуществляется в морскую акваторию (Сиамский залив и Восточное море). Впервые, в практике гидрогеологических исследований был использован метод геостатистической интерполяции «cokriging» двух параметров (возраст — ключевой параметр и отметки глубин опробования — дополнительный параметр). Были решены задачи, направленные на повышение точности полученных результатов при построении специализированных карт для территории Вьетнама. Карта возрастов подземных вод изучаемой территории построена с коэффициентом корреляции 0,9, что подтверждает высокую эффективность проведённых исследований. Кроме того, результаты корреляции между возрастом и концентрацией хлор-иона подземных вод среднеплиоценового водоносного горизонта позволили заключить, что формирование минерализованных вод — результат смешения инфильтрационных (пресных и изотопно-легких) с седиментационными водами, изначально имеющими морской генезис, которые были сформированы во время Фландрской трансгрессии, начавшейся около 21 тыс. лет назад и закончившейся 4,2 тыс. лет назад.

Ключевые слова: подземные воды; изотоп углерода C^{14}; область питания; направление потока; скорость потока; седиментогенный генезис; метеорные воды.

DOI:10.32454/0016-7762-2018-6-59-65

AGE AND FORMING CONDITIONS OF GROUNDWATER IN THE MIDDLE PLIOCENE AQUIFER IN THE MEKONG DELTA, VIETNAM, BASED ON THE RESULTS OF CARBON RADIOACTIVE ISOTOPE STUDY

LAM HOANG QUOC VIET[1], A.B. LISENKOV[1], V.J. LAVRUSHIN[2], K. BELOV[1]

1Russian State Geological Prospecting University, 23, Miklouho-Maklay's street, Moscow 117997, Russia
e-mail: lamviet2906@gmail.com, Lisenkov.rsgpu@mail.ru, kostik-belowne@rambler.ru

2Geological Institute of the Russian Academy of Sciences
7, Pyzhevsky street, Moscow 19017, Russia;
e-mail: v_lavrushin@ginras.ru

The results of studying and assessment of the impact of climate change on the groundwater in the Mekong delta have indicated that the exploitation of quaternary aquifers is not enough to solve the task of water supply in the region. Therefore, in the exploitation plan of groundwater in the Mekong Delta, the greatest prospects are bound with Pliocene aquifers. So, by using of carbon radioactive isotope to determine the age and forming conditions of groundwater in the middle Pliocene aquifer in the Mekong Delta, the important information for planning exploitation and zoning of areas subject to restrained exploitation of groundwater is retrieved. The determination of the age with the use of carbon radioactive isotope study in the complex with the geostatistical interpolation techniques allowed creation age map of middle-Pliocene aquifer with high accuracy nad determination the recharge area on the north-east of the Mekong delta (South-Eastern area). From the recharge area, groundwater flows in the south-west direction at a flow velocity of 8 m/year and discharges into the sea (Siam Golf and Eastern sea). It is the first time by using geostatistical interpolation «cokriging» of two parameters (age - key parameter and depth of sampling - extra parameter). The tasks to improve the accuracy of specialized maps in Vietnam have been solved. The age map has been made with the correlation parameter 0,9, that justifies the high efficiency of the studies. Furthermore, results of the correlation between age and concentration chlorine of groundwater in the middle-Pliocene aquifer (n22) allowed making a suggestion, that formation of mineralized water is a result of mixing of meteoric water with the sedimentation waters of initial sea genesis, which were formed during Flandrian transgression which began about 21000 years ago and ended 4200 years ago.

Keywords: groundwater; carbon-14; recharging area; discharging area; flow velocity; meteorological water; sedimentagenous genesis.

Дельта Меконга — регион, расположенный в юго-западной части Вьетнама (рис. 1). Для территории характерен тропический муссонный климат с влажным и сухим сезонами. Среднегодовое количество осадков варьирует от 1400 до 2400 мм в год, причем более 90% ежегодных осадков выпадает во влажном сезоне (с мая по ноябрь) и менее 10% в сухом(с декабря по апрель).

Проблема хозяйственно-питьевого водоснабжения региона весьма актуальна, поскольку она лимитирует его экономическое развитие. Эксплуатация верхних (четвертичных) водоносных горизонтов не решает всех проблем. Водоотбор из ряда горизонтов превышает их эксплуатационные возможности. Также следует учитывать, что качество и водообильность неглубоких водоносных горизонтов напрямую зависят от изменения климата, вторжения морских вод и антропогенного загрязнения. Несмотря на то, что фактический эксплуатационный расход подземных вод составляет только 3% от общих их запасов, положение пьезометрического уровеня имеет ярко выраженный тренд к снижению. Этот факт позволяет заключить, что эксплуатационная нагрузка на подземные воды в пределах каждого горизонта и распределение эксплуатационных скважин в дельте Меконга не являются оптимальными.

Более детальная характеристика распределения запасов подземных вод в дельте Меконга, и эксплуатационные возможности голоценовых (Q_{IV}),

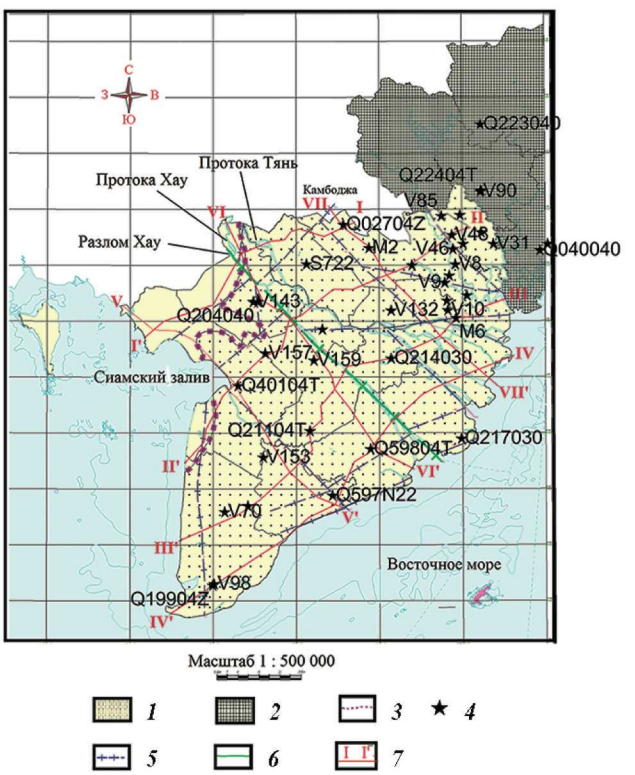

Рис. 1. Карта распространения среднеплиоценового водоносного горизонта в дельте Меконга: *1* – область распространения среднеплиоценового водоносного горизонта; *2* – Юго-Восточная область; *3* – граница среднеплиоценового водоносного горизонта; *4* – расположение точек отбора проб; *5* – разломы; *6* – разлом Хау; *7* – линии гидрогеологических разрезов

Таблица 1

Характеристика эксплуатации подземных вод в дельте Меконга [6]

Водоносные горизонты	Запасы подземных вод, $м^3$/сут.	Оцененные эксплуатационные запасы*, $м^3$/сут.	Фактический эксплуатационный расход подземных вод в 2010 г, $м^3$/сут.	Эксплуатационные возможности водоносных горизонтов, $м^3$/сут.
Верхний плейстоцен (qp_3)			17851	
Средний-верхний плейстоцен (qp_{2-3})	8411295	400421	114945	285476
Нижний плейстоцен (qp_1)	11095312	888328	977514	-89186
Средний плиоцен (n_2^2)	10639035	720484	130077	590407
Нижний плиоцен (n_2^1)	11974476	879731	477359	402372
Миоцен (n_1^3)	10562852	1012824	87652	925172
Верхний плейстоцен (qp_3)	8954345	600809	118235	482574
Итого	61637315	4502597	1905782	2596815

Примечание. *Оцененные эксплуатационные запасым подземных вод составляет 20% от общих запасов пресных подземных вод.

плей- стоценовых (Q_{IV}^3, Q_{IV}^{2-3}, Q_{IV}^1), плиоценовых (N_2^2, N_2^1) и миоценовых (N_1^3) отложений приведена нами в [2] и в табл. 1.

Распределение пресных и минерализованных вод в водоносных горизонтах дельты Меконга носит сложный, неоднородный характер. Общая минерализация и химический состав подземных вод изменяются незакономерно как с глубиной, так и по площади их распространения. Так, в четвертичных водоносных горизонтах развиты в основном хлоридно-гидрокарбонатные воды, а в плиоценовых и миоценовых — гидрокарбонатные. Главные перспективы в планировании эксплуатации подземных вод региона связываются с плиоценовыми водоносными горизонтами, которые по своему качеству и фильтрационным характеристикам наиболее

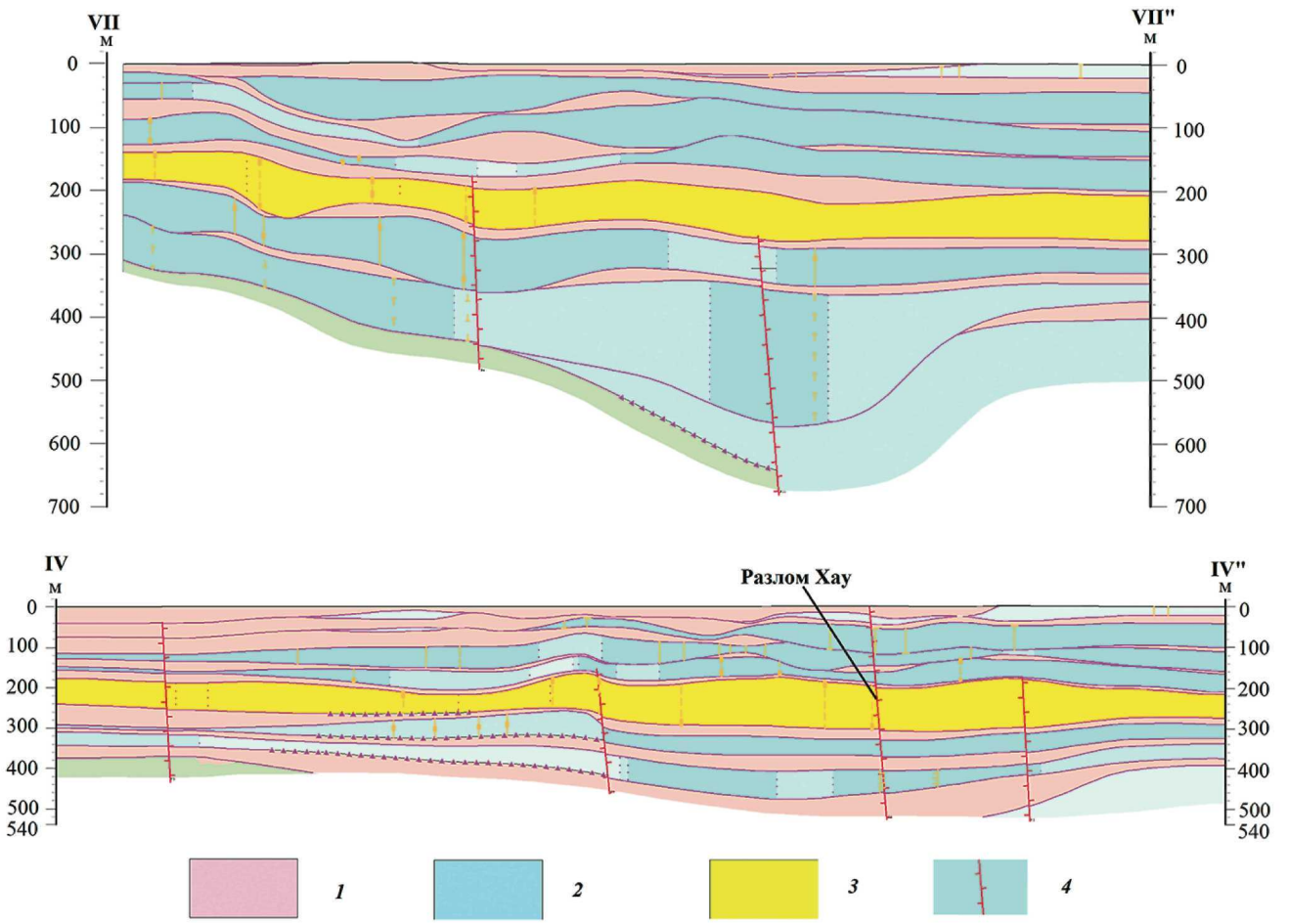

Рис. 2. Гидрогеологические разрезы по линиям VI-VI и VII-VII [6]: *1 – 3* – горизонты: *1* – водоупорный; *2* – водоносные; *3* – среднеплиоценовый водоносный, *4* — разломы

перспективны для хозяйственно-питьевого водоснабжения региона.

Среднеплиоценовый водоносный горизонт имеет региональное распространение, значительную мощность и фактический эксплуатационный расход в его пределах достигает 130077 м^3/сут., при оцененных эксплуатационных запасах подземных вод 879731 м^3/сут. (табл. 1). Литологический состав водоносных пород горизонта достаточно однороден и представлен терригенными образованиями — пески, песчаники, глинистые разности, накапливающиеся в морских и субаквальных условиях (рис. 2).

Глубина залегания среднеплиоценового водоносного горизонта колеблется в диапазоне от 40 до 320 м при мощности, изменяющейся в диапазоне от 4 до 150 м, падение слоёв юго-западное, в сторону Восточного моря. В этом же направлении ориентирован фильтрационный поток рассматриваемого горизонта. Согласно исследованиям [12], разлом, вдоль которого течёт протока Хау (рис. 1, 2), оказывает влияние на характер движения подземных вод в плиоценовом водоносном горизонте в дельте Меконга, играет барражную роль и служит областью взаимосвязи с соседними горизонтами. Радиоизотопные исследования, выполненные авторами, подтвердили эту гипотезу.

Анализ графика колебаний пьезометрического уровня среднеплиоценового водоносного горизонта за 2003—2013 гг. [7] показал, что он имеет ежегодный тренд к снижению (0,62÷0,89 м/год), и изменения уровней носят сезонный характер. Максимальные отметки положения пьезометрического уровня характерны для влажного сезона (октябрь) и минимальные для сухого сезона (апрель).

Гидрогеологические особенности формирования вод среднеплиоценового водоносного горизонта изучены недостаточно, что затрудняет разработку оптимальной схемы его эксплуатации. Наряду с гидрогеохимическими и гидродинамическими исследованиями важную информацию об условиях формирования вод может дать оценка возраста подземных вод в различных частях бассейна р. Меконг. Таким образом, цель наших исследований ориентирована на оценку возраста и условий формирования вод среднеплиоценового водоносного горизонта дельты р. Меконг. В качестве метода исследований нами выбран радиоуглеродный анализ, позволяющий оценить возраст подземных вод, их динамику и уточнить условия формирования.

Для изучения характеристики динамики подземных вод среднеплиоценового водоносного горизонта, в 2015 и 2016 гг. было отобрано 18 проб воды для определения возраста с использованием изотопа C^{14} (табл. 2). Кроме того, результаты исследования этих проб были дополнены материалами предыдущих исследований, проведённых в 1982—2001 гг. [7,11]. В результате была собрана представительная (42 образца воды) база радиоизотопных данных, характеризующая среднеплиоценовый водоносный горизонт дельты Меконга.

Отбор проб проводился в соответствии с процедурой, предусмотренной положениями Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) [10].

C^{14} в подземных водах осаждался $BaCO_3$, при этом трансформировался в бензол (C_6H_6). Измерения содержания C^{14} выполнялись на приборе «LKB WLLacCangaroo 1217» в Департаменте изотопной гидрогеологии Ядерного центра Хошимина. В соответствии с используемым методом предел определения абсолютного возраста достигает 45 тыс. лет. Результаты проведённых исследований для подземных вод среднеплиоценового водоносного горизонта (табл. 2) в заданном диапазоне определения возраста показали, что выбор метода является оптимальным.

При изучении корреляции значений абсолютного возраста с концентрациями хлоридов в подземных водах установлено, что для проб с концентрацией ионов хлора >100 мг/л характерно уменьшение возраста с увеличением концентрации хлоридов (экспоненциальная зависимость). Это связано с тем, что их концентрация зависит от концентрации C^{14} и хлор-иона в морской воде. Можно сказать, что минерализованные воды (с большими концентрациями хлора) формировались в результате смешения инфильтрационных (пресных и изотопно-лёгких) с седиментационными водами, изначально имеющими морской генезис. Таким образом, высокоминерализованные подземные воды имеют более «молодой» возраст, следовательно, связаны с современной морской трансгрессией,

Таблица 2

Возраст и концентрация хлора проб среднеплиоценового водоносного горизонта в 2015 и 2016 гг.

Номер	Код проб	Концентрация хлор-иона, мг/л	Возраст, лет
1	Q040040	1,8	Современный
2	Q22404T	2,2	350
3	Q223040	8,1	Современный
4	Q22104Z	2,7	3312
5	Q011040	6,3	10711
6	Q714040	18,9	Современный
7	Q02204Z	5,3	16078
8	Q604050	34,7	12932
9	Q217030	34,7	23998
10	Q17704T M1	43,2	24407
11	Q206030	67,0	29286
12	Q597N22	83,2	18507
13	Q19904Z	456,0	36639
14	Q40104T	1043,9	25421
15	Q32604T M1	3956,0	7098
16	Q409040 M1	6516,0	Без CO_2
17	Q21104T	8873,0	17600
18	Q214030	10104,0	11104

происходившей не позже 7—11 тыс. лет назад, что соответствует Фландрской трансгрессии, захватившей всю европейскую и азиатскую части нашей планеты.

Для проб с концентрацией ионов хлора ≤100 мг/л тренд имеет обратную направленность и возраст подземных вод увеличиваться с увеличением концентрации хлор-иона (линейная зависимость). Поскольку C^{14} не контактирует с атмосферой, его концентрация уменьшается со временем и подчиняется законам радиоактивного распада. Поэтому для проб, имеющих концентрацию хлор-иона в подземных водах меньше, чем 100 мг/л, радиоактивный распад C^{14} происходил нормально и коррелирует с растворением хлоридов, поступающих из обменного комплекса пород (рис. 3). Полученный результат показывает, что при концентрации хлор-иона в диапазоне от ≈10 до 100 мг/л увеличение минерализации воды не оказывает влияния на её изотопные характеристики, что может указывать на поступление хлорида из обменного комплекса пород при взаимодействии с пресными водами. Иначе говоря, значение возраста пресных вод соответствует возрасту инфильтрационных (пресных и изотопно-лёгких) вод.

Для построения карты возрастов подземных вод среднеплиоценового водоносного горизонта, использована геостатистическая интерполяция «cokriging» двух параметров [1, 13] (возраст — ключевой параметр и отметки глубин опробования — дополнительный параметр), которая позволяет повысить точность процесса интерполяции. Кроме того, направление потока, определяемое разницей пьезометрических уровней, также влияет на геостатистическую интерполяцию, повышая качество результата. Такой подход к построению гидрогеологических карт во Вьетнаме был использован впервые.

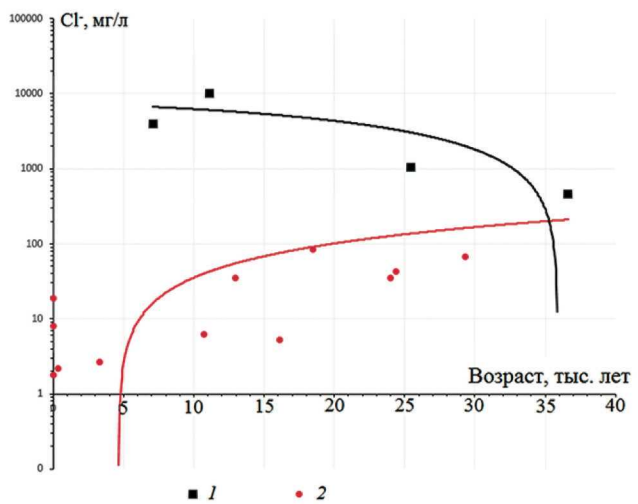

Рис. 3. График корреляции между возрастом подземных вод среднеплиоценового водоносного горизонта и концентрацией хлор-иона: *1* – >100 мг/л; *2* – <100 мг/л

В результате была построена карта возрастов подземных вод среднеплиоценового водоносного горизонта с коэффициентом корреляции между параметром интерполяции и реальным параметром 0,9 (рис. 4).

Подземные воды среднеплиоценового водоносного горизонтав области питания имеют минимальный возраст — они «молодые», и область их распространения расположена на северо-востоке дельты Меконга. Вследствие изменения возраста минерализованных вод средняя действительная скорость потока определяется по пройденному расстоянию, разделённому на время перемещения фронта пресных вод от области питания, и составляет 8 м/год.

На карте возрастов подземных вод среднеплиоценового водоносного горизонта выделяется область, которая расположена рядом с разломом Хау, где наблюдается увеличение возраста подземных вод. Это можно объяснить тем, что в процессе фильтрации из области питания в область разгрузки подземные воды, проходящие район разлома Хау (рис. 4), подвергаются его влиянию. Во-первых, вдоль разлома возможен надвиг, блокирующий латеральный массоперенос, и гидравлическая целостность фильтрационного потока нарушается. Как

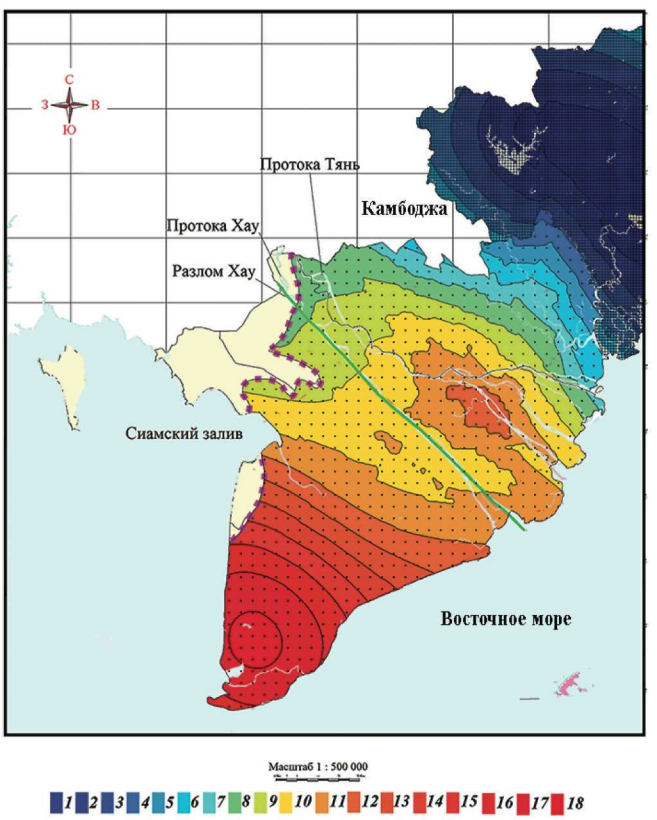

Рис. 4. Карта возраста подземных вод среднеплиоценового водоносного горизонта в дельте Меконга (лет): *1* – 0-2000; *2* – 2000-4000; *3* – 4000-6000; *4* –6000-8000; *5* – 8000-10000; *6* – 10000-12000; *7* – 12000-14000; *8* – 14000-16000; *9* – 16000-18000; *10* – 18000-20000; *11* – 20000-22000; *12* – 22000-24000; *13* – 24000-26000; *14* – 26000-28000; *15* – 28000-30000; *16* – 30000-32000; *17* – 32000-34000; *18* – 34000-36000

следствие, здесь формируется зона гидродинамического «застоя» и возраст подземных вод «увеличивается» по сравнению с окружающими зону влияния разлома водами. Во-вторых, в области разлома возможно перетекание более «древних» вод из нижнеплиоценового водоносного горизонта.

Обсуждение результатов

Таким образом, подземные воды среднеплиоценового водоносного горизонта, возраст которых меньше 40 тыс. лет, не могут быть седиментогенными, сохранившимися с прошедших геологических периодов и не участвующими в течение продолжительного периода времени в геологическом круговороте воды, который исчисляется несколькими миллионами лет. Подземные воды, характеризующиеся высокими концентрациями хлор-иона, с возрастом от 7 до 11 тыс. лет, образуются в результате смешения инфильтрационных (пресных и изотопно-лёгких) и седиментогенных вод, которые были сформированы во время Фландрской трансгрессии, начавшейся около 21 тыс. лет назад и закончившейся 4,2 тыс. лет назад [4, 5, 9].

Выводы

В целом проведенные исследования содержания C^{14} в подземных водах среднеплиоценового водоносного горизонта дельты Меконга и ранее выполненные исследования [2] позволили получить следующие результаты:

1. С помощью геостатистического метода построена карта возрастов подземных вод среднеплиоценового водоносного горизонта и определено местоположение области питания, на северо-востоке дельты Меконга (Юго-Восточная область). Фильтрационный поток подземных вод ориентирован из области питания в юго-западном направлении. Разгрузка осуществляется в морскую акваторию (Сиамский залив и Восточное море). Действительная скорость фильтрации потока составляет 8 м/год.

2. Результаты исследований стабильных [2, 12] и радиоактивных изотопов показали, что подземные воды среднеплиоценового водоносного горизонта формируются в основном за счёт инфильтрации метеорных вод. Минерализованные воды формируются в результате смешения инфильтрационных (пресных и изотопно-лёгких) и седиментационных вод, изначально имеющих морской генезис.

3. Полученные авторами результаты будут реализованы в процессе выбора мест заложения водозаборных скважин и послужат основой оптимизации режима эксплуатации подземных вод среднеплиоценового водоносного горизонта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демьянов В.В., Савельева Е.А. Геостатистика: теория и практика / Под ред. Р.В. Арутюняна, М.: Наука, 2010. 329 с.
2. Лам В.Х.-К., Лисенков А.Б., Лаврушин В.Ю. Условия формирования подземных вод в дельте Меконга (Социалистическая республика Вьетнам) по данным изучения изотопного состава кислорода и водорода // Известия вузов. Геология и разведка. 2018. № 1. С. 42–48.
3. Лам В.Х.-К.; Определение происхождения подземных вод дельты Меконга // Международная научнопрактическая конференция «Стратегия развития геологического исследования недр: настоящее и будущее» (к 100-летию МГРИ–РГГРУ), 4–6 апреля, М., 2018. С. 208–209.
4. Лам В.Х.-К. Определение характеристики динамики подземных вод среднеплиоценового водоносного горизонта (n_2^2) в дельте Меконга // Международная научно-практическая конференция «Стратегия развития геологического исследования недр: настоящее и будущее» (к 100-летию МГРИ–РГГРУ), 4–6 апреля, М., 2018. С. 234–235.
5. Суздальский О.В., Слободин В.Я., Лев О.М. Реконструкция уровней арктических палеобассейнов на основе анализа комплексов бентосных организмов // Колебания уровня Мирового океана в плейстоцене. Л., 1975. С. 43–48.
6. Bui T.V., Phan N.L., Le H.N. Project «Assessment of the impact of climate change to groundwater in Mekong delta, proposed solutions to respond» Report № 14. Hochiminh, 2013. P. 26–28. (In Vietnam).
7. Doan V.C., Underground water in Nambo plain: challenges and solutions // Journal of water resources science and technology, Vietnam academy for water resources. 2013. Issue 14. P. 56–58. (In Vietnam).
8. Vu V.N., et al. Groundwater in Nambo plain. Hanoi, Department of Geology and Mineral Vietnam, 1998. 66 p. (In Vietnam).
9. Ha Q.H. Flandrian transgression and imprint leave in Mekong Delta // Department of Environment, Ho Chi Minh University of Natural Sciences. 10.04.2017. 1 p. (In Vietnam).
10. IAEA Water Resources Program; V2.02 September 2014. http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/IHS_resources_sampling.html. дата обращения 15/ 09/2018 г.
11. Lam H.Q.V. Application of isotopic hydrological to study groundwater dynamics of Pliocene aquifer in Mekong Delta.Hochiminh university of technology, Vietnam national university.Hochiminh, 2016, P. 29–30. (In Vietnam).
12. Nguyen D.T., Lam H.Q.V. Using isotope hydrology method to determine the origin of ground water sources in the middle-Pliocene aquifer in the Mekong Delta, Vietnam // International conference on clean water, air & soil (CleanWAS2017). 25–27 August 2017. Bangkok, Thailand, 2017. P. 9–12.
13. Truong X.L. Geostatistical application. Hanoi, Transport Publishing House Company Limited. 2010. P. 184–189. (In Vietnam)

REFERENCES

1. Demyanov V.V., Savelieva E.A. Geostatistics theory and practice. Ed. R.V. Arutyunyan. M., Moscow Science, 2010, pp. 152—154. (In Russian)
2. Lam V.H.-K., Lisenkov A.B., Lavrushin V.J. Forming condition of groundwater in the Mekong delta based on isotopes hydrology oxygen and hydrogen. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka* — [*Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*]. 2018, no. 1, pp. 42–48. (In Russian)
3. Lam V.H.-K. Determination of the origin of groundwater in the Mekong Delta. *International research and practice conference «Strategy of geological exploration of ineral resources: present and future»*, M., 2018, pp. 208–209. (In Russian)
4. Lam V. H.-K. Determination of the dynamical characteristics of groundwater of the mid-Pliocene aquifer (n_2^2) in the Mekong Delta. International research and practice conference «Strategy of geological exploration of ineral resources: present and future», M., 2018, pp. 234–235. (In Russian)

5. Suzdalsky O.V., Slobodin V.J., Lev O.M. Reconstruction of the Arctic paleobasins levels based on the analysis of complexes of benthic organisms. *Fluctuations in sea level during the Pleistocene*. L., 1975, pp. 43–48. (In Russian)
6. Bui T.V., Phan N.L., Le H.N. *Project «Assessment of the impact of climate change to groundwater in Mekong delta, proposed solutions to respond» Report № 14,* Hochiminh, 2013, pp. 26–28. (In Vietnam)
7. Doan V.C., *Underground water in Nambo plain: challenges and solutions. Journal of water resources science and technology*. Vietnam academy for water resources, 2013, Issue 14, pp. 56–58. (In Vietnam)
8. Vu V.N., et al. *Groundwater in Nambo plain*. Hanoi, Department of Geology and Mineral Vietnam. 1998, 66 p. (In Vietnam)
9. Ha Q.H., *Flandrian transgression and imprint leave in Mekong Delta*. Department of Environment, Ho Chi Minh University of Natural Sciences. 10.04.2017, pp. 1–4 (In Vietnam)
10. IAEA Water Resources Program; V2.02 September 2014. http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/IHS_resources_sampling.html, дата обращения 15/ 09/2018 г.
11. Lam H.Q.V. Application of isotopic hydrological to study groundwater dynamics of Pliocene aquifer in Mekong Delta. *Hochiminh university of technology, Vietnam national university*. Hochiminh, 2016, pp. 29–30. (In Vietnam)
12. Nguyen D.T., Lam H.Q.V. Using isotope hydrology method to determine the origin of ground water sources in the middle-Pliocene aquifer in the Mekong Delta, Vietnam. *International conference on clean water, air & soil (CleanWAS2017)*. Bangkok, Thailand, 2017, pp. 9–12.
13. Truong X.L. *Geostatistical application*. Hanoi, Transport Publishing House Company Limited, 2010, pp. 184–189. (In Vietnam)