

УДК 556.047+551.24.01

РОТАЦИОННО-ФИЛЬРАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ВОДНОГО БАЛАНСА КУЯЛЬНИЦКОГО ЛИМАНА

*Е.А. Черкез, д. геол.-мин. н., проф, В.И. Шмуратко., д. геол. н., проф.,
Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова, Одесса*

О.А. Вахрушев

Государственная экологическая инспекция в Одесской области, Одесса

В ходе исследований, выполненных учеными кафедры инженерной геологии и гидрогеологии Одесского национального университета имени И.И. Мечникова [3, 6, 5, 4 и др.] (см. статью в данном сборнике), выяснилось, что важную роль в динамике целого ряда региональных геосистем играет фактор изменчивости напряженно-деформированного состояния верхней зоны земной коры, которое, в свою очередь, управляет скоростью осевого вращения Земли.

В данной работе предлагается нетрадиционная модель, призванная объяснить сложный характер изменчивости уровня (и солености) воды Куйльницкого лимана. В отличие от предлагавшихся ранее гипотез, в данной модели внимание акцентируется на двух положениях. Во-первых, наряду с традиционно учитываемыми факторами гидрологического режима лимана (атмосферные осадки, склоновый сток, испарение) в систему включается геологическая среда, точнее изменчивость ее напряженно-деформированного состояния, обусловленная ротационным режимом планеты. Во-вторых, в качестве важных статей водного баланса лимана учитывается закономерно изменяющееся во времени питание за счет фильтрации морской воды через тело пересыпи и дно лимана, а также субаквальная разгрузка подземных вод.

Количественное обоснование предлагаемой ротационно-фильтрационной модели выполнено на основе цифровой обработки нескольких эквидистантных временных рядов (с шагом 1 месяц): уровня и солености воды Куйльницкого лимана, количества атмосферных осадков, уровня Черного моря, скорости осевого вращения Земли. Исследованные интервалы времени: 1878 – 1893 гг. и 1945 - 2010 гг.

Известно, что скорость осевого вращения Земли не остается постоянной, а характеризуется годовой и межгодовой изменчивостью. Режимом скорости вращения Земли, поскольку ее неравномерный характер создает дополнительные напряжения в верхней зоне литосферы, предопределяются изменения напряженно-деформированного состояния

массивов пород и, соответственно, изменения гидравлической эффективности и фильтрационной проницаемости пород.

При изменении скорости вращения в верхней оболочке Земли возникает осесимметричное поле напряжений, которое имеет три зоны сжатия-растяжения, ограниченные широтами $\pm 35^{\circ}$. Короткопериодические изменения длительности суток на величину 0,3 мс приводят к изменениям напряжений на $\approx 2 \cdot 10^2$ Па [2]. Очевидно, что такие вариации напряженного состояния пород, будут приводить к изменениям фильтрационной проницаемости пород: в границах широт Куюльницкого лимана увеличение скорости вращения Земли будет приводить к увеличению фильтрационной проницаемости пород, а уменьшение, соответственно, – к уменьшению.

В качестве основных предпосылок формирования подземного питания Куюльницкого лимана нами приняты: 1) разность уровней моря и лимана и 2) отклонение от стандарта (86400 с) продолжительности суток, т.е. изменение скорости осевого вращения Земли. Последнее приводит к пропорциональному изменению напряженного состояния пород и, соответственно, к изменению величин их гидравлической эффективности и фильтрационной проницаемости. Произведение перечисленных стандартизованных параметров по физическому смыслу соответствует общепринятой формуле определения расхода потока подземных вод [1], которая в нашем случае может быть названа ротационно-фильтрационной моделью формирования подземного питания.

Для проверки модели сопоставлялись измеренные величины уровня за периоды наблюдений 1878 - 1893 гг. и 1945 - 2010 гг. с полученными по моделям результатами расчетов для этих же временных интервалов. Сопоставление для периода 1878 - 1893 гг. свидетельствует о том, что расчетная модель хорошо воспроизводит динамику уровня воды в лимане (коэффициент корреляции 0,82) (рис. 1, А). Для периода наблюдений 1945-2010 гг. (рис. 1, В) модель показывает менее надежный результат (коэффициент корреляции 0,41).

Отметим, что для периода наблюдений 1945 - 2010 гг. (рис. 1, В) выделяются три временных интервала: первый (1945 - 1969 гг.), когда динамика уровня и расчетного подземного питания лимана носят синхронный характер; второй (1969 - 1997 гг.), когда динамика уровня и расчетного подземного питания находятся в ритмической противофазе; третий (1997 - 2010 гг.), когда обе характеристики вновь имеют синхронную динамику.

Выявленные для периода наблюдений 1945 - 2010 гг. особенности динамики выбранных параметров могут быть обусловлены двумя группами факторов.

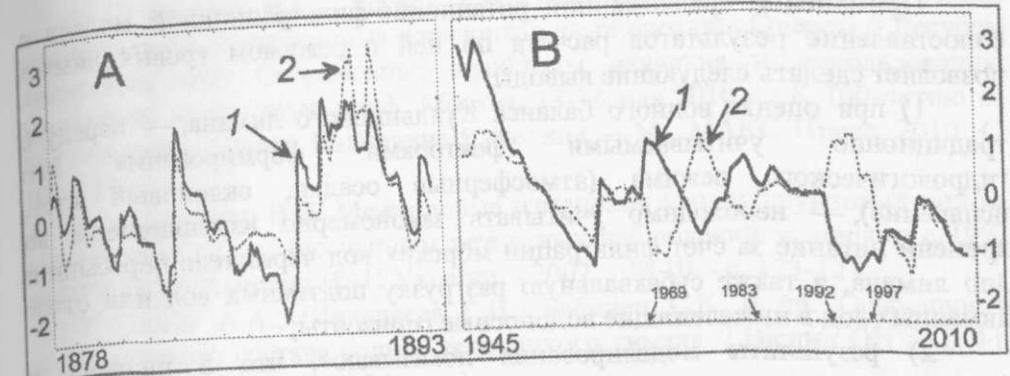


Рис.1. Межгодовая динамика уровня воды в лимане (1) и подземного стока, полученного по ротационно-фильтрационной модели (2) за периоды 1878-1893 гг. (А) и 1945-2010 гг. (В). Все кривые стандартизированы.

Во-первых, в баланс подземного питания лимана входят не только приток со стороны моря и Хаджибейского лимана через аккумулятивное тело Куюльницко-Хаджибейской пересыпи, но также и донная (субаквальная) разгрузка напорных вод верхнесарматского и мэотического горизонтов через днище и борта эрозионного вреза лимана. Район лимана имеет ярко выраженное блоковое строение. Поэтому перемещение блоков за счет вертикальных тектонических движений, а также изменение ротационно обусловленного напряженного состояния могут приводить к квазипериодическому снижению и увеличению гидравлической эффективности зон повышенной фильтрационной проницаемости. На это указывает очаговый характер распределения солености вод лимана вдоль его бортов и по акватории [7].

Вторая причина – антропогенные изменения баланса склонового, речного и подземного стока. В последние 30 – 40 лет произошла сработка напоров верхнесарматского водоносного горизонта на 10 – 20 м, что не исключает потерю воды лимана через донные отложения на подпитывание расположенных ниже водоносных горизонтов в отдельные временные интервалы (периодически повторяющаяся на интервале 1969 – 1997 гг. противофаза динамики уровня и расчетного подземного питания лимана, рис.1, В). Вместе с тем, по нашему мнению, обычно допускаемая роль антропогенного влияния на режим уровня лимана может оказаться значительно преувеличенной. Например, выпадение соли в Куюльницком лимане – экстремальное снижение уровня – происходило неоднократно в период, когда антропогенный фактор практически отсутствовал (1774, 1824, 1826, 1828, 1830, 1831, 1835, 1847, 1850, 1853, 1866, 1867, 1869 гг.).

Применение предложенной ротационно-фильтрационной модели и сопоставление результатов расчета по ней с режимом уровня лимана позволяет сделать следующие выводы:

1) при оценке водного баланса Куюльницкого лимана, — наряду с традиционно учитываемыми факторами формирования его гидрологического режима (атмосферные осадки, склоновый сток, испарение), — необходимо учитывать закономерно изменяющееся во времени питание за счет фильтрации морских вод через тело пересыпи и дно лимана, а также субаквальную разгрузку подземных вод или отток лиманных вод в нижележащие водоносные горизонты;

2) результаты моделирования показывают, что в питании и формировании уровневого и солевого режимов Куюльницкого лимана, как водоема закрытого типа, значительную роль играет тело пересыпи. Пересыпь в системе «Куюльницкий лиман — Черное море» играет роль природного барьера, который, реагируя на закономерную изменчивость напряженно-деформированного состояния пород, естественным образом регулирует фильтрационное питание со стороны Черного моря и формирует химический состав рапы и донных отложений лечебной грязи.

Следовательно, корректировка лиманной экосистемы с помощью мероприятий, направленных на антропогенное регулирование питания лимана (переброска воды из соседнего Хаджибейского лимана, попуск морской воды), могут привести к трудно предсказуемым, и, вполне вероятно, негативным побочным последствиям, а это чревато потерей главной ресурсной базы Одесского курортного района.

Литература

1. Гидрогеология. Под. ред. В.М.Шестакова и М.С. Орлова. — М., Изд-во МГУ, 1984. С ил., 317 с.
2. Довбнич М.М. Влияние вариаций ротационного режима Земли и лунно-солнечных приливов на напряженное состояние тектоносферы // Доповіді НАН України, №11, 2007, С.105-112.
3. Зелинский И.П., Черкез Е.А., Шмуратко В.И. Роль тектонической разобщенности в формировании инженерно-геологических и сейсмических процессов на территории Одессы // Зб. наук. праць НГА України. — Дніпропетровськ, 1999. — Т.1. №6. — С. 188-192.
4. Козлова Т.В., Черкез Е.А., Шмуратко В.И. Микроблоковая геодинамика на территории Одессы и скорость осевого вращения Земли. Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць / Державне підприємство «НДІБК» Мінрегіонбуду України. Вип. 75: в 2-х кн.: Книга 1. - Київ, ДП НДІБК, 2011. С 271-276.

5. Шмуратко В.И., Черкез Е.А.. Ротационная динамика и режим уровня смежных водоносных горизонтов на территории Одессы // Ресурсы подземных вод: Современные проблемы изучения и использования: Материалы межд. науч. конф. Москва, 13-14 мая 2010 г.: К 100-летию со дня рождения Бориса Ивановича Куделина. — М.; МАКС Пресс, 2010. С. 165 – 170.

6. Шмуратко В.И. Межгодовые изменения уровня грунтовых вод на территории Одессы (по данным режимных наблюдений за период с 1972 по 2000 гг.) // Доповіді НАН України. - 2002. - № 10. - с. 123-127.

7. Эннан А.А., Шихалеева Г.Н., Бабинец С.К. и др. Особенности ионно-солевого состава воды Куюльницкого лимана // Вісник ОНУ. Т. 11. Вип 2, Химия, 2006. С 67-74.