

ІНЖЕНЕРНА ГЕОЛОГІЯ ТА ГІДРОГЕОЛОГІЯ

УДК 556

О.А. Буняк, аспірантка,
кафедра інженерної геології та гідрогеології,
Одеський нац. університет імені І.І. Мечникова,
ул. Дворянская, 2, Одеса-82, 65082, Україна

РОТАЦИОННАЯ ДИНАМИКА КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПОНТИЧЕСКОГОВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА НА ТЕРРИТОРИИ ОДЕССЫ

Традиционно считается, что основными факторами формирования понтического водоносного горизонта Одессы и его гидродинамического режима являются климатические, а главными причинами вековых изменений в приходных элементах баланса — поступление вод техногенного происхождения. Очевидная роль этих факторов не отрицается. Вместе с тем, внутригодовая динамика гидродинамических параметров понтического водоносного горизонта обусловлена тем, насколько гидравлически эффективны межблоковые зоны повышенной проницаемости в геологическом разрезе. А эта эффективность определяется в первую очередь гравитационным фактором, который в данном случае опосредован вариациями скорости и ускорения осевого вращения Земли — ротационной динамикой.

Ключевые слова: понт, водоносный горизонт, ротационная динамика, напряженно-деформированное состояние, вращение Земли, Одеса.

ВВЕДЕНИЕ

Одна из *актуальных* гидрогеологических и инженерно-геологических проблем на территории Одессы — неуклонное повышение уровня подземных вод. Гидрогеологическая обстановка в городе продолжает ухудшаться, несмотря на ежегодные затраты на водопонижение. Динамика уровня понтического водоносного горизонта (ПГ) обуславливает снижение прочности понтических известняков, ухудшение горно-технического состояния катакомб, активизацию процессов суффозии и карстообразования.

Водовмещающими породами второго от поверхности водоносного горизонта являются понтические известняки, водоупорными — мезотические зеленовато-серые глины [1]. Питание ПГ получает за счет бокового притока со стороны междуречья, инфильтрации атмосферных осадков, а также за счет перетока через гидравлические окна грунтовых вод техногенного происхождения.

Согласно новым представлениям и теоретическим разработкам [5, 6, 8], динамика уровня подземных вод происходит на фоне закономерных пространственно-временных изменений напряженно-деформированного состояния (НДС) массива водовмещающих и водоупорных пород. Известно [6], что для территории города характерно блоковое и микроблоковое строение верхней части геологического разреза. Блоки и микроблоки испытывают дифференцированные вертикальные и, возможно, горизонтальные движения разного знака, изменяющие НДС пород. Одним из важнейших факторов, способных управлять пространственно-временной

динамикой НДС пород, может быть ротационный фактор — многочастотные вариации скорости осевого вращения Земли.

Цель данной работы состоит в обосновании тезиса о том, что гидродинамический режим ПГ на территории Одессы определяется не только атмосферными осадками и водами техногенного происхождения, но и законами изменения НДС массива пород.

ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе использованы: (1) наблюдения декадного высотного положения уровня ПГ, преобразованного в среднемесячный, по 14 наблюдательным скважинам, расположенным в разных районах города (рис. 1) за период 1970 – 1998 гг; (2) ежемесячные наблюдения за дебитами 12-ти водоотводящих штолен дренажной галереи, расположенной вдоль одесского берега на протяжении 11 км (данные Управления инженерной защиты территорий и развития побережья) за период 1971 – 1980 гг; (3) скорость осевого вращения Земли (данные сайта <http://hpiers.obspm.fr/eop-pc/>).

Известно [4], что скорость осевого вращения Земли не остается постоянной, а закономерно изменяется в годовом цикле (рис. 2). Следует отметить, что понтические известняки разбиты системой трещин различного направления и ширины, которые формируют трещинно-ослабленные зоны и обуславливают блоковую структуру пласта известняков [2].

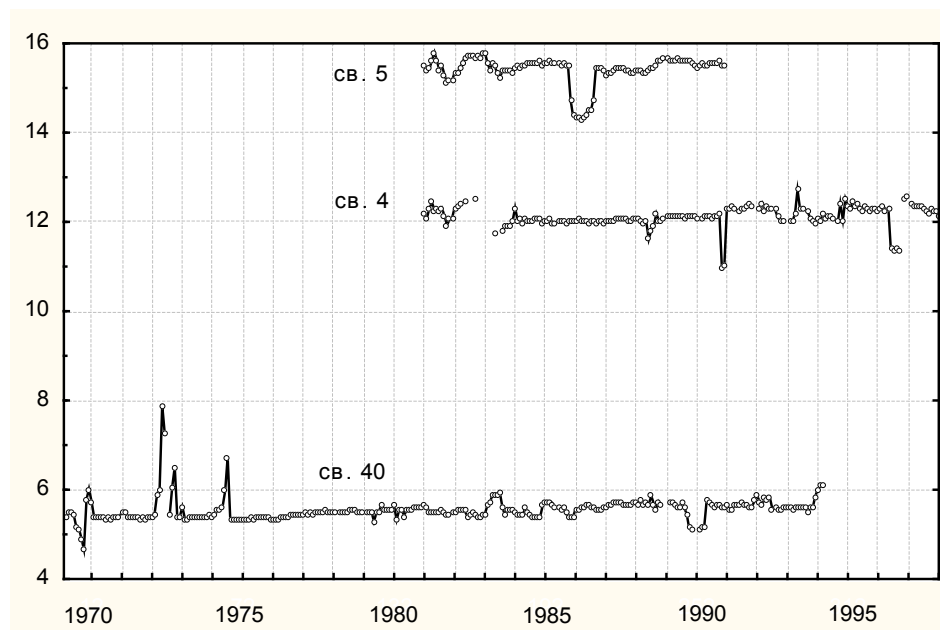


Рис. 1. Изменение среднемесячных уровней (Н, м) ПГ в наблюдательных скважинах (на примере скв. 4, 5, 40) на территории г. Одессы за период 1970 – 1998 гг.

В соответствии с этим явлением, увеличение скорости осевого вращения Земли приводит к снижению напряженного состояния пород в зонах трещиноватости известняков, увеличению их гидравлической проницаемости и оттока подземных вод. Наоборот, уменьшение скорости вращения Земли должно затруднять отток подземных вод в зону разгрузки.

Для выявления связи внутригодовых вариаций дебитов водоотводящих штолен и уровня понтического водоносного горизонта на территории Одессы с внутригодовыми вариациями скорости осевого вращения Земли был проведен сезонный анализ временных рядов выбранных параметров за соответствующий период наблюдений с использованием метода *Census I* (сезонной декомпозиции) модуля *Time Series Analysis* универсальной системы статистического анализа данных *Statistica* [3]. Обработка временных рядов по каждой скважине включала расчет скорости (первой производной) изменения уровней (величина Vz).

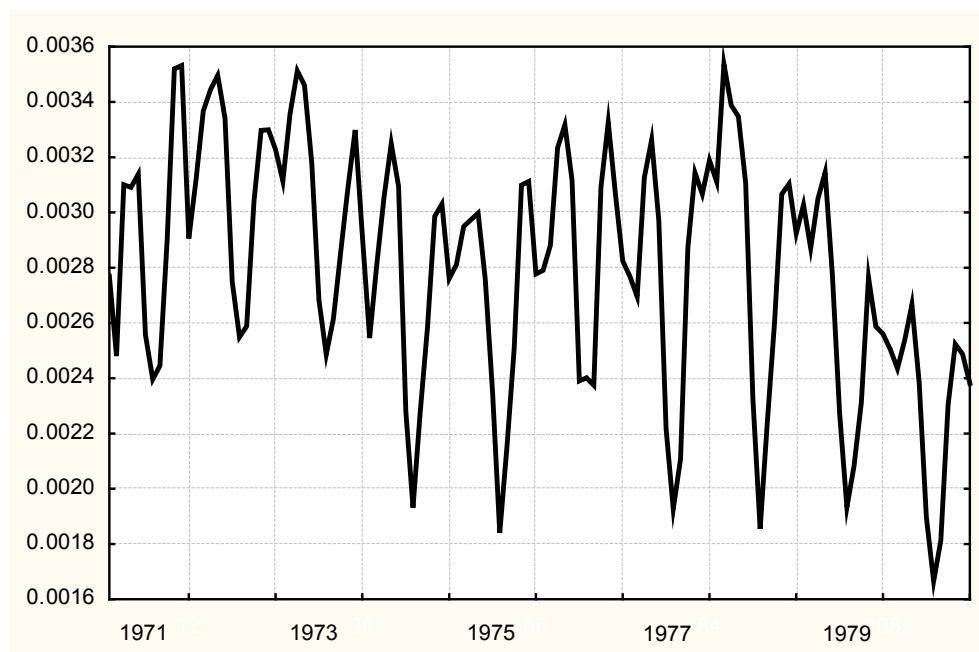


Рис. 2. Скорость осевого вращения Земли
{R, отклонение в мс от стандартных суток (86400 с)}
за период 1971–1980 гг.

Целью сезонной декомпозиции является разделение компонент, которые принимают участие в формировании временного ряда, т.е. разложение на составляющую тренда, сезонную компоненту и нерегулярную составляющую. Для расчета сезонной составляющей использовалась аддитивная модель, при которой сезонная компонента выступает средним всех значений ряда, соответствующих данной точке сезонного интервала.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ данных наблюдений за уровнем ПГ указывает на такие особенности его режима: 1) многолетний тренд роста уровней практически отсутствует, а ежемесячные колебания уровней на протяжении значительного периода времени (2 – 5 лет) чаще всего не превышают 0,05 – 0,1 м/мес (рис. 1); 2) во всех скважинах наблюдается явление относительно резкого подъема и понижения уровня на величину 0,5–2,0 м (рис. 1), к тому же, для разных районов территории города эта величина не совпадает по времени.

Учитывая такие особенности режима уровней ПГ, предварительная обработка временных рядов по каждой скважине включала расчет скорости (первой производной) изменения уровней (рис. 3), с последующим исключением из полученного ряда величин скоростей $V_z < \pm 0,01$ м/месяц. Полученные значения были сведены в обобщенный хронологический ряд данных (рис. 4). Использование обобщенных данных по параметру скорости изменения уровней и суммарных по всем штольням величин дебитов, т.е. интегральных гидрогеологических характеристик (уровней и дебитов), позволяет более корректно проводить сопоставление полученных результатов.

На рис. 5А показаны результаты сезонного анализа суммарного дебита 12-ти штолен (Q , млн. м³/год), обобщенной по всем скважинам скорости изменения среднемесячных уровней (V_z , м/месяц) и скорости осевого вращения Земли $\{R$, отклонение в мс от стандартных суток (86400 с)}.

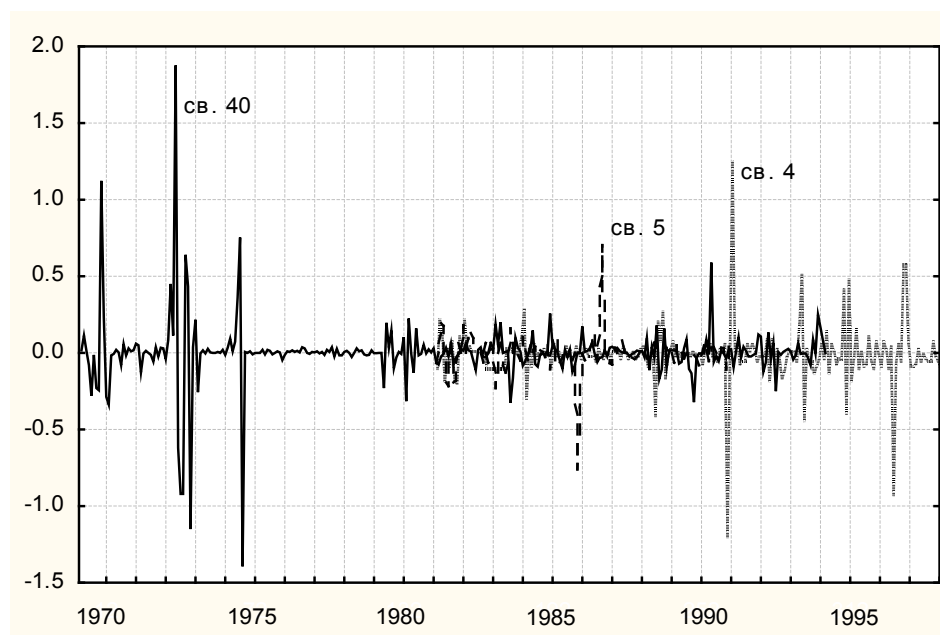


Рис. 3. Скорость (первая производная) изменения среднемесячных уровней (V_z , м/месяц; + – соответствует подъему уровня, – – понижению) ПГ в наблюдательных скважинах (на примере скв. 4, 5, 40) на территории Одессы за период 1970–1998 гг.

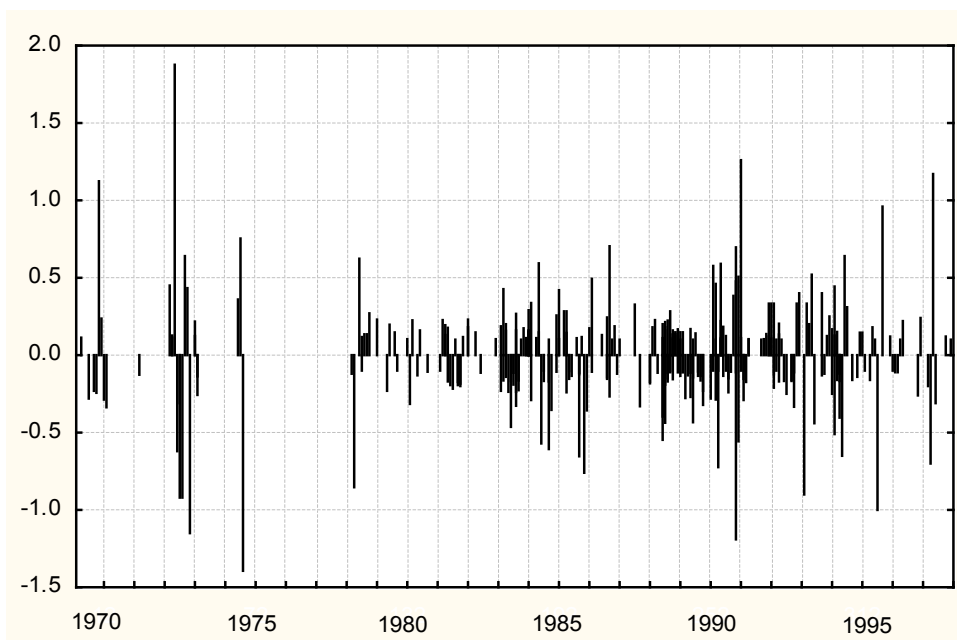


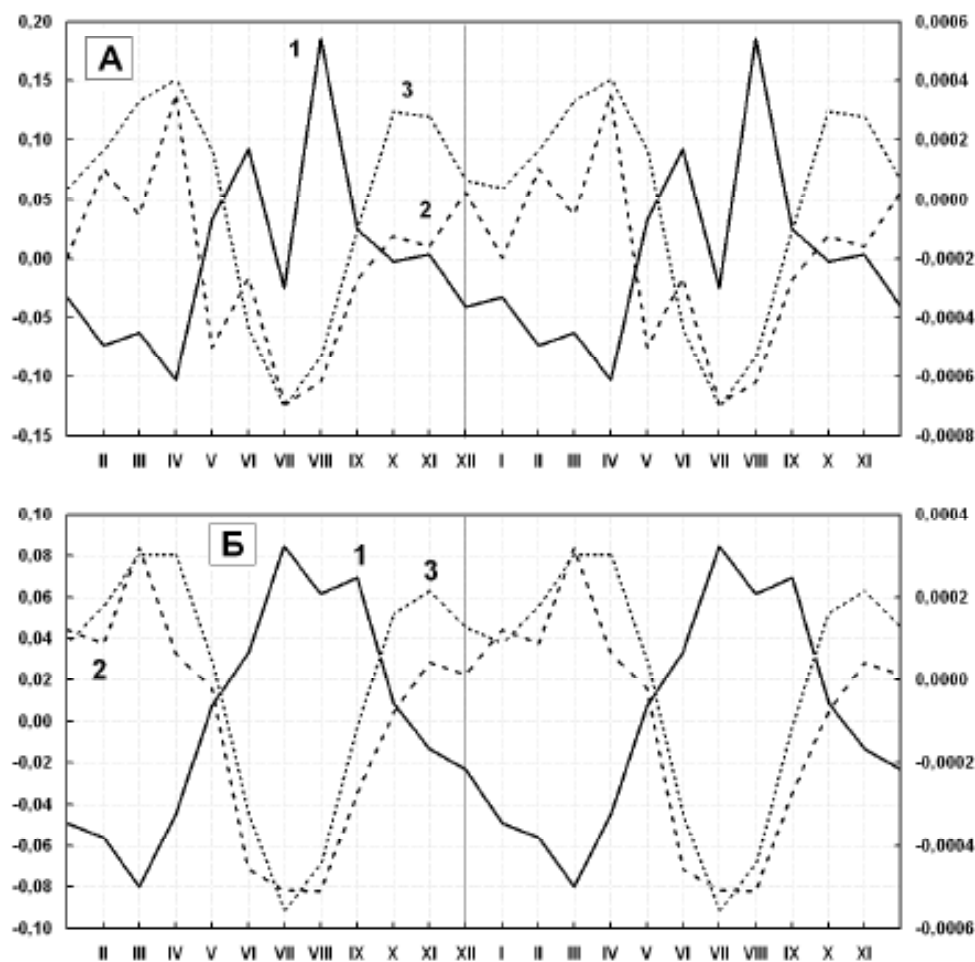
Рис.4. Обобщенная по всем скважинам скорость изменения среднемесячных уровней ПГ (за исключением $Vz < \pm 0,1$ м/мес) на территории Одессы за период 1970–1998 гг.

Увеличение R соответствует увеличению длительности суток и снижению скорости осевого вращения Земли, а уменьшение R — наоборот.

По результатам сезонного анализа установлено, что в пределах года параметры Vz и R практически совпадают по времени и знаку. Объясняется это тем, что в осенне-зимне-весенний период, в результате уменьшения скорости вращения Земли, уменьшается общий объем макро- и микротрещин и, соответственно, происходит повышение уровня подземных вод. В весенне-летний увеличивается скорость осевого вращения Земли, что приводит к увеличению общего объема макро- и микротрещин и более интенсивной разгрузке подземных вод (понижению уровня и увеличению дебитов).

Сезонная компонента суммарного дебита штолен Q имеет противоположный характер с параметрами Vz и R , максимальные ее значения наблюдаются в весенне-летнее время, то есть на период, когда увеличивается общий объем макро- и микротрещин, что объясняет увеличение суммарного дебита. Вместе с тем, общий ход увеличения дебита штолен в весенне-летний период нарушается июльским локальным минимумом.

Возможно, это связано с тем, что в июле и августе происходит сработка емкостных запасов трещинных зон разного порядка. Об этом свидетельствует методическая процедура сглаживания рядов сезонных компонент (рис. 5 Б). По ее результатам более четко проявляется сезонная синхронность параметров Q и Vz , что указывает на их единую генетическую природу.



параметров и ротации за период 1971 – 1980 гг.
 А – 1 – суммарный дебит (Q , млн. м³/год) 12-ти штолен Одесского побережья (шкала слева),
 2 – обобщенная по всем скважинам скорость изменения среднемесячных уровней (V_z , м/
 месяц) понтического водоносного горизонта (шкала слева), 3 – скорость вращения Земли
 { R , отклонение в мс от стандартных суток (86400 с)} (шкала справа); Б – те же параметры,
 сглаженные скользящим средним с шириной окна 3 месяца.

ВЫВОДЫ

Основные выводы, которые можно сформулировать по данным выполненных исследований, сводятся к следующему:

1. Имеют место хорошо выраженные закономерности внутригодовой динамики дебитов дренажных сооружений, уровней ПГ на территории города и скорости вращения Земли. Уровень ПГ повышается на интервалах замедленного вращения Земли и понижается на интервалах ускоренного ее вращения. Максимальные

значения суммарного дебита штолен приходится на ускоренный период осевого вращения Земли, когда увеличивается общий объем макро- и микротрещин и происходит более интенсивная разгрузка подземных вод.

2. Наблюдаемые закономерности внутригодовой динамики гидродинамических параметров ПГ достаточно просто объясняются, если принять следующие допущения: а) в геологическом отношении изученная территория Одессы характеризуется наличием системы разнопорядковых блоков и микроблоков, разделенных зонами повышенной вертикальной проницаемости, б) блоки и микроблоки испытывают дифференцированные движения, изменяющие НДС пород верхней части земной коры и тем самым — гидравлическую эффективность межблоковых зон повышенной проницаемости. А это явление определяется, в первую очередь, гравитационным фактором, который в данном случае опосредован вариациями скорости и ускорения осевого вращения Земли. НДС массива пород (изменяясь в широком частотном диапазоне во времени и закономерно структурируясь в пространстве) создает тот пространственно-временной «каркас», в рамках которого и происходят колебания гидродинамических параметров ПГ.

Статья поступила в редакцию 16.05.2013

ЛИТЕРАТУРА

1. Буняк О.А. Природно-антропогенные факторы формирования понтического водоносного горизонта территории г. Одессы. // Матеріали Всеукраїнської студентської наукової конференції „Геологія ХХІ століття. Міжнародний рік планети Земля». Дніпропетровськ-Кривий Ріг, 21 – 24 квітня 2009. – С. 39-41.
2. Зелинский И.П., Черкез Е.А., Шмуратко В.И. Роль тектонической разблоченности в формировании инженерно-геологических и сейсмических процессов на территории Одессы // Зб. наук. праць НГА України. – 1999. – Т. 1. – № 6. – С. 188 – 192.
3. Кузнецова В.Е., Сивелькин В.А. Статистическое моделирование временных рядов с использованием метода классической сезонной декомпозиции (метод Census 1) ППП Statistica: Методические указания. – Оренбург: ГОУ ВПО ОГУ, 2002. – 33 с.
4. Сидоренков Н.С. Нестабильность вращения Земли // Вестник Российской Академии Наук. – 2004. – Т. 74. – № 8. – С. 701 – 715.
5. Черкез Е.А., Козлова Т.В., Шмуратко В.И. Пространственно-временная изменчивость уровня грунтовых вод и ее влияние на степень локальной сейсмической опасности // Просторовий аналіз природних і техногенних ризиків в Україні. Зб. наук. праць. Кієв, 2009. с. 85-91.
6. Шмуратко В.И. Гравитационно-резонансный экзотектогенез. Одесса, Астропринт, 2001, 332 с.
7. Шмуратко В.И., Черкез Е.А., Буняк О.А. Гидродинамический режим подземных вод на территории Одессы и ротационная динамика// «Комплексные проблемы гидрогеологии» - тезисы докладов научной конференции к 75-летию кафедры гидрогеологии СПбГУ (27 – 28 октября 2011г.), С.-Петербург, 2011, с.199 – 201.
8. 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.

О.О. Буняк

Кафедра інженерної геології і гідрогеології,
Одеський нац. університет ім. І.І.Мечникова,
вул. Дворянська, 2, Одеса-82, 65082, Україна

**РОТАЦІЙНА ДИНАМІКА ЯК ФАКТОР ФОРМУВАННЯ
ГІДРОДИНАМІЧНОГО РЕЖИМУ ПОНТИЧНОГО ВОДОНОСНОГО
ГОРИЗОНТУ НА ТЕРИТОРІЇ ОДЕСИ**

Резюме

Традиційно вважається, що основними факторами формування понтичного водоносного горизонту Одеси і його гідродинамічного режиму є структурно-геологічні особливості водомістких та водотривких порід, а головними причинами вікових змін в прихідних елементах балансу – надходження вод техногенного походження. Очевидна роль цих чинників не заперечується. Разом з тим, внутрішньорічна динаміка гідродинамічних параметрів понтичного водоносного горизонту обумовлена тим, наскільки гідравлічно ефективні міжблокові зони підвищеної проникності в геологічній будові водомістких порід. А ця ефективність визначається, в першу чергу, гравітаційним чинником, який в даному випадку опосередкований варіаціями швидкості і прискорення осьового обертання Землі – ротаційною динамікою.

Ключові слова: понт, водоносний горизонт, ротаційна динаміка, напружено-деформований стан, обертання Землі, Одеса.

О.А. Bunyak

Dept. of Eng. Geology and Hydrogeology,
National Mechnikov's University of Odessa,
Dvoryanskaya Str., 2, Odessa-82, 65082, Ukraine

**ROTATIONAL DYNAMICS AS A FACTOR OF HYDRODYNAMIC
REGIME PONTIAN AQUIFER IN THE ODESSA**

Abstract

Traditionally, structural and geological features water-resistant and water-bearing rocks are the main factors shaping the Pontian aquifer Odessa and its hydrodynamic conditions and the main causes of secular changes in the balance of receipts elements are water intake man-made origin. The apparent role of these factors is not denied. However, the dynamics of the hydrodynamic parameters of the intra-Pontian aquifer caused by how the hydraulically effective interblock zones of high permeability in the geological structure of the water-bearing rocks. And this effectiveness is primarily determined by the gravitational factor, which in this case is mediated by the variations of velocity and acceleration of the axial rotation of the earth - rotational dynamics.

Keywords: Pont, aquifer, rotational dynamics, stress-strain conditions, Earth's rotation, Odessa.