

Е. С. Штенгелов, канд. геол.-мин. наук, доцент,

Е. Э. Чуйко, ст. преподаватель

Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова,

кафедра инженерной геологии и гидрогеологии,

Шампанский пер., 2, Одесса, 65058, Украина

СВЯЗЬ МЕЖДУ РЕЖИМОМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД И ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ДЕФОРМАЦИЙ ЗДАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ Г. ОДЕССЫ

Приводятся среднесуточные данные о сезонных колебаниях уровней подземных вод в четвертичных, понтических и верхнесарматских отложениях на территории г. Одессы. Приведена история сбора данных о трещинных наблюдательных маяках, установленных в одесских зданиях. Подсчитано распределение по месяцам дат установки маяков за все годы наблюдений. Показано, что сезонная цикличность дат установки маяков соответствует характеру сезонных колебаний уровней подземных вод. Делается вывод, что данная связь объясняется изменениями гидростатического давления на стенки вертикальных и субвертикальных трещин в водонасыщенных горных породах. Эти изменения влияют на характер и интенсивность современных горизонтальных движений на участке земной коры, где расположена территория г. Одессы.

Ключевые слова: разрывная деформация зданий, сезонные колебания уровней подземных вод, трещинные воды, наблюдательные “маяки”.

Вступление

В настоящее время наиболее отчетливо выраженным инженерно-геодинамическим процессом, наблюдаемым на территории г. Одессы, является разрывная деформация зданий. В фундаментах, в стенах, в межэтажных перекрытиях, а также в оконных, дверных, лестничных проёмах, в других элементах зданий возникают и в дальнейшем развиваются, постепенно расширяясь, сквозные трещины.

Одиночные трещины являются, как правило, вертикальными. Кроме того, во многих зданиях наблюдаются трещинные зоны. Они также имеют общее вертикальное направление, но образующие их трещины могут быть как вертикальными, так и диагональными по отношению к зданиям или даже горизонтальными. Такие зоны чаще всего отмечаются между оконными проёмами.

Большинство зданий, где происходит образование трещин, находится в исторической части города, расположенной на водораздельной возвышенности между Водяной балкой и морским побережьем. Растрескивание зданий наблюдается также на Пересыпи и на обоих склонах Аркадиевской балки. Процесс наблюдается и в южной части территории Одессы, застроенной, преимущественно, во второй половине двадцатого века, а также в посёлке Котовского. Однако, в этих районах городской территории он проявляется менее интенсивно по сравнению с северной частью

водораздельного плато, застроенной, главным образом, в девятнадцатом веке и в первой половине двадцатого века, хотя здесь встречаются (и тоже подвержены растрескиванию) и здания, построенные в последние десятилетия.

Трещины образуются преимущественно в зданиях, сооружённых из пильного природного ракушечного известняка понтического яруса и имеющих ленточные перекрёстные фундаменты из того же материала. Вместе с тем необходимо отметить, что трещинная деформация наблюдается также и в зданиях, построенных из кирпича и бетонных блоков. В многоэтажных зданиях, возведённых в самые последние годы и имеющих свайные фундаменты, признаки разрывной трещинной деформации отсутствуют.

Что касается зданий, где наблюдается данный процесс, то они образуют несколько полосовидных зон, крупнейшая из которых пересекает историческую часть территории Одессы по линии, начинающейся на участке морского побережья (пляж “Дельфин” — Яхтклуб — канатная дорога) и заканчивающейся на участке восточного склона Водяной балки (Ольгиевский спуск — улица Пастера).

Фактический материал и методы исследований

Фактический материал, который позволяет сделать обоснованные предположения о причинах разрывной деформации одесских зданий, будет приведен в конце статьи, посвященной, главным образом, анализу связи между интенсивностью указанного процесса и режимом подземных вод на территории г. Одессы.

Данные о режиме подземных вод приводятся на основании измерений, выполненных в буровых скважинах геологического полигона Одесского университета, расположенного в непосредственной близости к зданию геолого-географического факультета (Шампанский переулок, дом 2). Буровые скважины предназначались для опытно-фильтрационных работ и были соответствующим образом оборудованы.

Скважины располагались в виде трёх кустов. Первый куст предназначался для выполнения фильтрационных опытов в водоносном горизонте верхнесарматских отложений и состоял из четырёх совершенных (то есть прошедших водоносный горизонт на всю его мощность) скважин: центральной скважины большого диаметра и трёх наблюдательных скважин малого диаметра. Второй куст предназначался для проведения фильтрационных опытов в водоносном горизонте отложений понтического яруса и также включал четыре совершенные скважины: центральную, имевшую большой диаметр, и три наблюдательных малого диаметра. Третий куст имел целью выполнение опытных фильтрационных работ в водоносном горизонте четвертичных отложений и состоял из центральной совершенной скважины и трёх несовершенных наблюдательных скважин.

Центральные скважины всех кустов были оборудованы дырчато-сетчатыми фильтрами с гравийно-песчаной обсыпкой, наблюдательные скважины — аналогичными фильтрами с песчаной обсыпкой.

В некоторых наблюдательных скважинах всех кустов производились на протяжении 1980–2000 гг. регулярные измерения глубины уровней подземных вод (рис. 1–3). Измерения выполнялись сотрудниками кафедры инженерной геологии и гидрогеологии, а также студентами. Уровни воды в скважинах фиксировались либо с помощью специальных самописцев, предоставленных институтом ВСЕГИНГЕО, либо в ручном режиме.

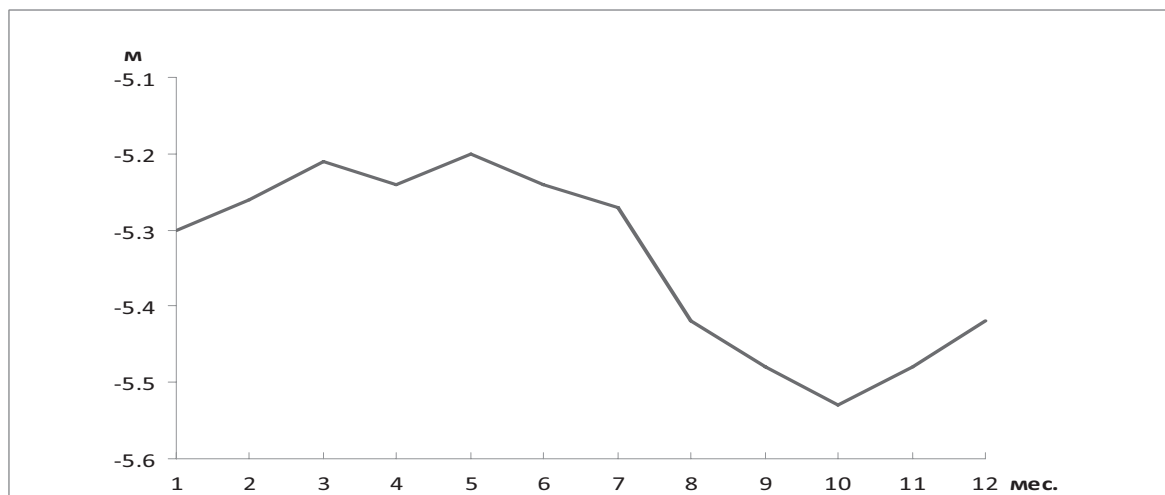


Рис. 1. Среднемноголетние среднеемесячные значения глубины свободной поверхности водоносного горизонта в четвертичных отложениях (по данным наблюдательных скважин полигона Одесского университета)

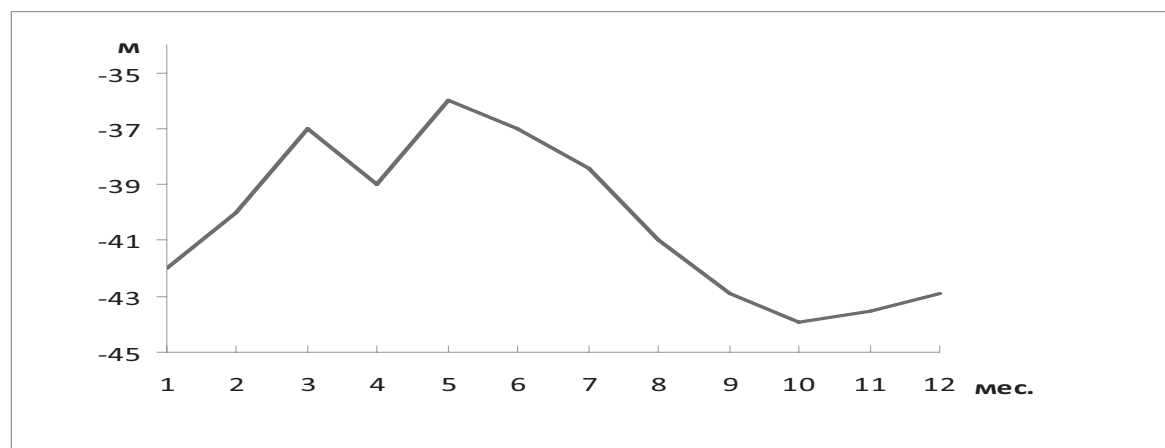


Рис. 2. Среднемноголетние среднеемесячные значения глубины свободной поверхности водоносного горизонта в понтических отложениях (по данным наблюдательных скважин полигона Одесского университета)

Измерения показали, что для всех трёх водоносных горизонтов характерны внутрисуточные, внутригодовые (сезонные) и многолетние изменения уровней (рис. 1–3). Сопоставление режима подземных вод и интенсивности деформации зданий является наиболее объективным при использовании данных о сезонном режиме подземных вод. Графики составлялись следующим образом. Сначала для каждого конкретного года

подсчитывались среднемесячные значения глубины уровня воды от оголовка наблюдательной скважины, затем среднемесячные значения по отдельным годам суммировались и рассчитывались средненоголетние значения уровней по всем месяцам года. На рис. 1–3 на осях абсцисс указаны римскими цифрами месяцы, на оси ординат — средненоголетние среднемесячные значения глубины уровня воды в метрах (арабские цифры со знаком минус).

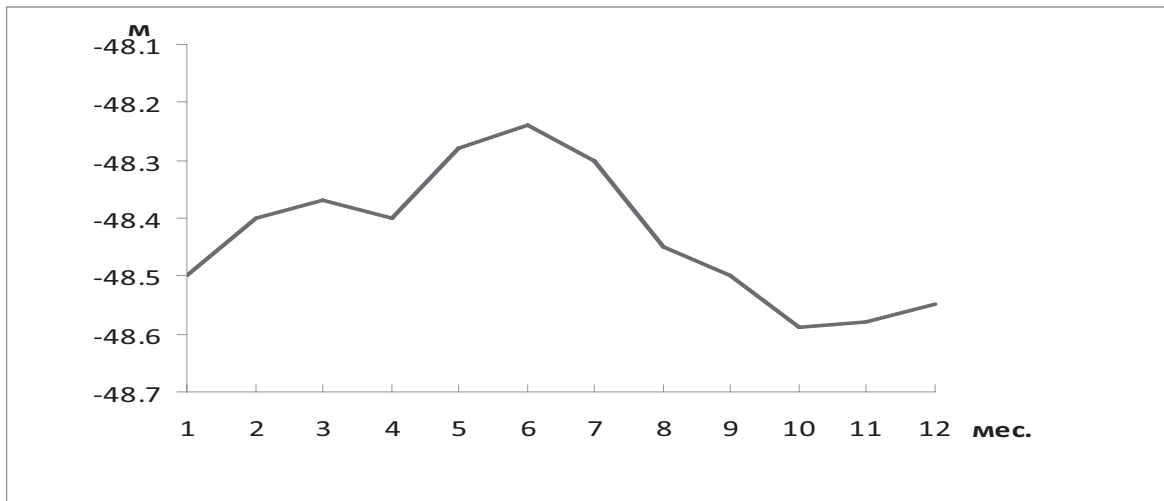


Рис. 3. Средненоголетние среднемесячные значения глубины пьезометрической поверхности водоносного горизонта в верхнесарматских отложениях (по данным наблюдательных скважин полигона Одесского университета)

График на рис. 1 показывает средненоголетний сезонный режим водоносного горизонта в верхнечетвертичных и современных лессовидных суглинках (Q_{I-IV}). Известно [1], что основным источником питания этого горизонта являются утечки из водонесущих коммуникаций (главным образом, водопровода), а атмосферные осадки (дожди и таяние снегового покрова) играют второстепенную роль. Тем не менее, в уровненом режиме горизонта вполне отчётливо проявляется сезонная цикличность. Поскольку величина утечек из водопровода в течение года, если и изменяется, то крайне незначительно и поскольку наблюдаемая сезонная цикличность близка к сезонному режиму других водоносных горизонтов Северного Причерноморья, рек этого региона (Дунай, Днестр, Днепр и др.), а также сезонному уровненому режиму самого Чёрного моря, то не вызывает сомнения, что эта сезонная цикличность обусловлена атмосферным питанием водоносного горизонта.

Сезонный режим данного водоносного горизонта отчётливо подразделяется на два периода: многоводный (первая половина года) и маловодный (вторая половина года). Уровень свободной поверхности горизонта наиболее высок в марте (5,21 м от оголовка наблюдательной скважины) и в мае (5,20 м), а наиболее низок в октябре (5,53 м). Таким образом, средненоголетняя амплитуда сезонных колебаний уровня этого горизонта весьма незначительна (33 см).

Средне многолетний график сезонных колебаний глубины уровня водоносного горизонта в отложениях понтического яруса (N_p) показан на рис. 2. Характер его сезонной цикличности близок к сезонной цикличности горизонта в четвертичных отложениях. Отмечаются два периода: многоводный в первой половине года и маловодный во второй половине, наиболее высокое положение уровня фиксируется в марте и мае, наиболее низкое — в октябре. Главная особенность сезонного уровня понтического горизонта состоит в его чрезвычайно высокой амплитуде. В наблюдательной скважине на территории полигона Одесского университета она достигает 8 метров: средне многолетняя глубина его уровня в мае составляет 36 метров от оголовка наблюдательной скважины, в октябре — 44 метра. Столь большая амплитуда свидетельствует о присущем данному горизонту высоком значении коэффициента уровнепроводности, представляющего собой отношение водопроводимости горизонта (T) к коэффициенту его водоотдачи (μ): $\alpha = T/\mu$. Высокие значения коэффициента уровнепроводности наблюдаются на большей части площади распространения данного водоносного горизонта. На участках, где в нижней части горизонта развиты крупные, закарстованные трещины, значения коэффициента уровнепроводности и амплитуды колебаний уровня подземных вод уменьшаются. Наиболее резкое уменьшение характерно для участков, где имеются катакомбы. Заметим, что в исторической части территории города такие участки встречаются редко.

Средне многолетний график сезонных колебаний глубины пьезометрической поверхности водоносного горизонта в верхней части сарматского яруса (N_s) в наблюдательной скважине полигона Одесского университета приведен на рис. 3. Амплитуда сезонных колебаний данного горизонта составляет 35 сантиметров (от 48,24 м до 48,59 м), и в этом отношении они сходны с сезонным режимом водоносного горизонта четвертичных отложений. Сходны они и по времени минимума (октябрь), но отличаются по времени максимума. Если максимум уровня четвертичного горизонта наблюдается в марте и апреле, то у водоносного горизонта верхнесарматских отложений он фиксируется в июне и выражен чрезвычайно отчетливо.

На рис. 4 приведен график распределения по месяцам дат установки в зданиях Одессы наблюдательных трещинных «маяков».

Этот график нуждается в пояснениях. Наблюдательные маяки сооружаются в жилых зданиях коммунальными службами, а в зданиях учреждений и предприятий — их администрациями. Маяки сооружаются на вновь возникших трещинах либо на тех трещинах, которые начинают быстро расширяться. Технология сооружения маяков проста. В материале, из которого сложена стена, создаётся выемка в форме полосы длиной 10–20 см и шириной около 5 см, которая перпендикулярна трещине и охватывает оба её края. Поскольку, как уже отмечалось, большинство трещин в зданиях Одессы вертикальны, такие выемки оказываются почти всегда горизонтальными.

Выемка заполняется жидким строительным гипсом (алебастром), на внешней поверхности которого выдавливается дата установки маяка. Гипс

затвердевает, и маяк впоследствии наглядно фиксирует режим расширения той трещины, на которой он установлен.

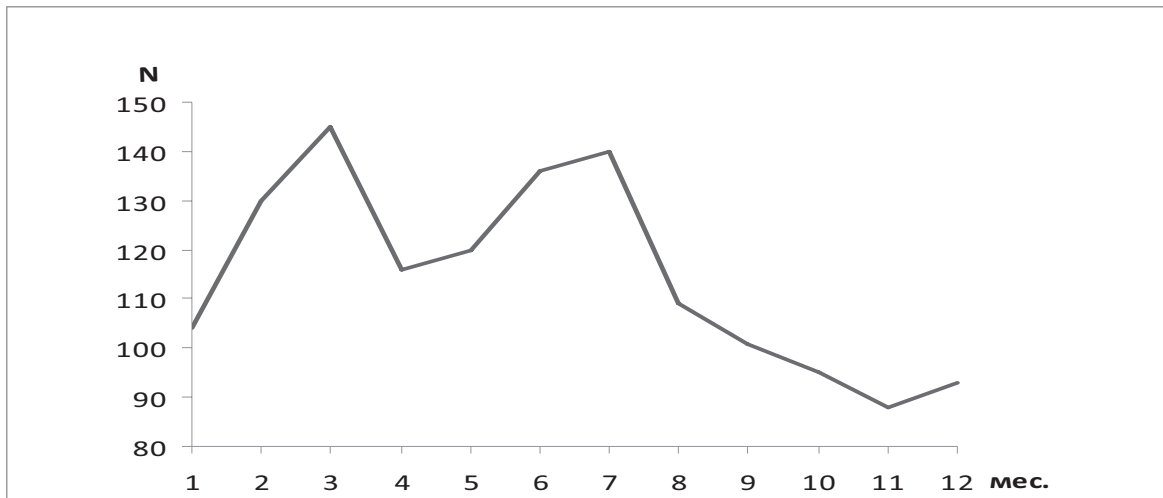


Рис. 4. Среднемноголетние среднемесячные значения количества дат установки наблюдательных трещинных маяков в зданиях г. Одессы

Сбор данных о трещинных маяках в зданиях Одессы был начат в 1975–1976 гг. Фиксировались местоположение маяков, их ориентировка (которая перпендикулярна азимутам трещин, на которых они установлены), дата их установки, наличие и характеристика возникших в них трещин. Естественно, что к 1975 г. уцелели не все ранее установленные маяки, но многие из них сохранились. После 1975 г. обследование зданий и выявление в них трещинных маяков производилось систематически.

Подчеркнём, что график на рис. 4 показывает не количество маяков, которые были поставлены в определённые месяцы, а количество дат их установки. Иногда в какую-то дату был установлен лишь один маяк, но чаще в один и тот же день их ставят сразу несколько. Например, 5 июня 2001 г. на стенах главного лечебного корпуса Лермонтовского санатория было установлено 26 маяков.

Результаты исследований и их обсуждение

Сопоставление указанного графика с графиками сезонного режима подземных вод (рис. 1–3) показывает их сходство: количество дат установки трещинных маяков в первой половине года (многоводный период) значительно превышает их количество во второй половине года (маловодный период). При этом мартовский максимум установки маяков (145 дат) совпадает по времени с мартовским максимумом уровней подземных вод, отмечаемым по всем водоносным горизонтам. Однако, июнь — июльский максимум установки маяков (137 и 140 дат) сдвинут на 1–2 месяца относительно майского (водоносные горизонты в четвертичных и понтических отложениях) или июньского (водоносный горизонт в верхнесарматских отложениях). А ноябрьский минимум установки трещинных маяков (88 дат)

сдвинут на 1 месяц относительно октябрьского минимума уровней подземных вод, отмечаемого по всем водоносным горизонтам.

Переходя к анализу причин связи между режимом подземных вод и интенсивностью разрывной деформации одесских зданий, прежде всего отметим, что все водоносные горизонты, развитые на территории Одессы, содержат трещинные воды. При подъёме уровней подземных вод увеличивается их гидростатическое давление на стенки водовмещающих трещин, а при снижении уровней это давление уменьшается.

Подземные воды содержатся только в открытых, зияющих трещинах. В связи с этим отметим, что развитый на территории г. Одессы водоносный горизонт в четвертичных отложениях приурочен к толще лессовидных суглинков, природа которых такова, что практически все трещины, в том числе и открытые, являются в них вертикальными [1]. Что же касается водоносных горизонтов в понтических и верхнесарматских отложениях, то они залегают на достаточно больших глубинах, где из-за значительного геостатического и гидростатического давления открытыми могут быть только вертикальные или субвертикальные трещины.

Выводы

Указанные факты позволяют объяснить связь между режимом подземных вод и интенсивностью разрывной деформации одесских зданий следующим образом. При изменении уровня подземных вод то увеличивается, то уменьшается величина гидростатического давления на стенки вертикальных и субвертикальных трещин. Таким образом, поднятие уровней подземных вод способствует горизонтальному расширению данного участка земной коры, а его снижение — горизонтальному сжатию. При этом основную роль играют колебания уровня в водоносном горизонте понтических отложений, поскольку они характеризуются значительной амплитудой, во много раз превышающей амплитуду колебаний уровня свободной поверхности четвертичного водоносного горизонта и пьезометрической поверхности верхнесарматского горизонта.

Характер связи режима подземных вод Одесского региона и интенсивности разрывной деформации одесских зданий подтверждает предположение о том, что в данном регионе ведущую роль играют горизонтальные движения земной коры [2].

Литература

1. 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. — Дніпропетровськ, 1999. — Т.1. — № 6. — С. 188–192.*
2. Штенгелов Е. С. О причине массовой деформации зданий и сооружений в Одессе // *Сб. “Геоэкологические исследования при инженерно-геологических съёмках”. — М.: ВСЕГИНГЕО, 1992.*

Є. С. Штенгелов, О. Е. Чуйко

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

ЗВ'ЯЗОК МІЖ РЕЖИМОМ ПІДЗЕМНИХ ВОД І ІНТЕНСИВНІСТЮ ДЕФОРМАЦІЇ БУДІВЕЛЬ НА ТЕРИТОРІЇ М. ОДЕСИ

Резюме

Приводяться середньобагаторічні дані про сезонні коливання рівнів підземних вод в четвертинних, понтичних і верхньосарматських відкладах на території м. Одеси. Приведена історія збору даних про тріщини спостережних маяків, що встановлені в одеських будівлях. Підраховано розподіл по місяцях дат встановлення маяків за всі роки спостережень. Вказано, що сезонна циклічність дат встановлення маяків відповідає характеру сезонних коливань рівнів підземних вод. Робиться висновок, що даний зв'язок пояснюється змінами гідростатичного тиску на стінки вертикальних і субвертикальних тріщин у водонасичених гірських породах. Ці зміни впливають на характер і інтенсивність сучасних горизонтальних рухів на ділянці земної кори, де розташована територія м. Одеси.

Ключові слова: розривна деформація будівель, сезонні коливання рівнів підземних вод, тріщинні води, спостережні маяки.

E. S. Shtengelov, E. E. Tchujko

Mechnikov's Odessa National University,
Department Engineering Geology & Hydrogeology,
Dvoryanskaya St., 2, Odessa-82, 65082, Ukraine

A CONNECTION BETWEEN THE UNDERGROUND WATER REGIME AND THE INTENSITY OF BUILDINGS DEFORMATION ON THE TERRITORY OF ODESSA CITY

Summary

Here are given the average data for many years about seasonal oscillation of underground water levels in quaternary, pont and uppersarmat sediments on the territory of Odessa City. Here is given the history of gathering data about crack's observant lighthouses installed in Odessa's buildings. They have counted up distribution of dates of lighthouses' installation on months for all the observations years. It is shown that seasonal recurrence of dates of lighthouses' installation corresponds to a character of seasonal oscillations of underground water levels. A conclusion is being reached that such a connection is being explained by changes of hydrostatic pressure on the walls of vertical and subvertical cracks in water-rich mountain rock. These changes influence the character and intensity of contemporary horizontal movements on the part of the earth's crust, where the territory of Odessa is situated.

Key words: explosive buildings' deformation, seasonal oscillation of underground water levels, cracks' waters, observant lighthouses.