

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ
ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ
В РАЙОНЕ СТРОИТЕЛЬСТВА КРЫМСКОЙ АЭС

© 1994 г. А. Л. Бондарь, С. В. Выкалюк, Л. И. Серебрякова, С. В. Энман

Главное управление геодезии и картографии,
Институт сейсмологии ОИФЗ им. О. Ю. Шмидта РАН
Поступила в редакцию 14.09.92 г.

Крымская АЭС расположена в северной части Керченского полуострова на берегу Азовского моря у основания мыса Казантип, вблизи озера Акташское. При проектировании АЭС в результате предварительных изыскательских работ было установлено, что район АЭС находится в пределах Индоло-Кубанского краевого прогиба, в южных окраинных частях наложенного на складчатые сооружения Крыма и Кавказа. Мощность земной коры ~35 км. Для сооружений АЭС предполагались сейсмоопасными лишь зоны Трикрымской складчатости (Ялтинско-Алуштинская сейсмическая зона) и прибрежной складчатости Кавказа (Анапская зона), где наблюдаются основные концентрации эпицентров землетрясений, приуроченные к районам сочленения крупных субмеридиональных и субширотных глубинных разломов. Расчет оснований был выполнен на балльность 6.

Исследования последних лет (геолого-тектонические, инженерно-геологические, сейсмологические на расширенной сети, геоэлектрические) или новые представления об активности района строительства Крымской АЭС.

Представления о долгопериодных вертикальных движениях земной поверхности в районе строительства Крымской АЭС и прилегающих территорий можно получить на основе "Карты временных движений земной коры на территории Болгарии, Венгрии, ГДР, Польши, Румынии, ССР (Европейская часть), Чехословакии", изданной в 1986 г., а также по материалам государственного повторного нивелирования вдоль побережий Азовского и прилегающей акватории Черного морей (рис. 1).

На карте современных вертикальных движений земной коры масштаба 1:10000000 побережье Керченского полуострова и южная часть восточного побережья Азовского моря относятся области незначительных опусканий со скоростями 0 ... -2 мм/год. На Кавказском побережье Азовского моря в районе ст. Гривенская и Темок наблюдается область опускания со скоростями -2 ... -4 мм/год.

Для выявления медленных вертикальных движений земной поверхности выполнен анализ результатов повторного нивелирования, в основ-

ном, II класса (средняя квадратическая случайная ошибка 0.8 мм/км) по линиям: Ольгинская-Джигинская-Тамань, Новороссийск-Джигинская-Тамань, Краснодар-Тамань, Джанкой-Владиславовка-Керчь (рис. 1). Интервалы между повторными измерениями 7 - 64 лет. По линиям выполнено 2 - 3 повторных нивелирования. Невязка полигона, составной частью которого являются названные участки, составила 6.7 мм/год (при длине полигона около 1400 км). Ошибка в скорости 0.18 мм/год.

На графике скоростей смещений земной поверхности на линии Джанкой-Владиславовка-Керчь, проходящей по восточной части Крыма и Керченскому полуострову (рис. 2а) видны два участка небольших поднятий в 40 км южнее ст. Джанкой и в районе г. Керчь со скоростями 1 - 2 мм/год. Судя по идентичному характеру поднятий на этих участках, можно предположить, что здесь имеется меридиональная полоса поднятий. От нее к югу наблюдаются опускание к п. Владиславовка, где происходит наиболее контрастные движения этого участка с перепадами скоростей до 2 мм/год. Рассмотренные линии по восточному побережью Азовского и северо-восточному побережью Черного морей напротив Керченского полуострова позволяют охарактеризовать закономерности вертикальных смещений земной поверхности Кавказского побережья исследуемого района. На всех трех линиях: Ольгинская-Тамань, Новороссийск-Тамань, Краснодар-Тамань (рис. 2б, 2в, 2г) - наблюдается поднятия района Тамани относительно исходных пунктов на 2 - 4 мм/год, а также аномальная зона контрастных скоростей в районе ст. Джигинская с относительно высокими перепадами скоростей до 3 мм/год. Линия Ольгинская-Джигинская-Тамань в 20 км южнее ст. Ольгинская пересекает область поднятий шириной ~50 км, за которой следует зона наиболее контрастных движений исследуемой территории в районе ст. Гривенской с перепадами скоростей до 8 мм/год (рис. 2б). Сопоставляя аномальные зоны контрастных движений в районе Владиславовки и Гривенской, обнаруживаем аналогично в характере смещений, т.е. полосу поднятий, а затем резкое опускание. Возможно, это прослеживается зона Южно-Азовского разлома.

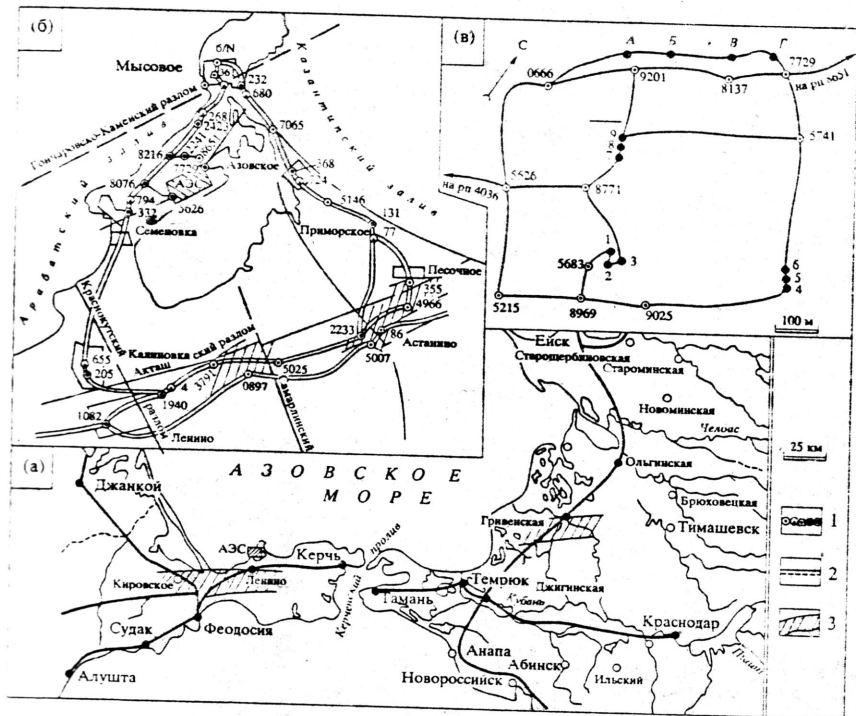


Рис. 1. Схема линий государственного нивелирования в окружении Крымской АЭС (а), схема нивелирной сети в районе строительства АЭС (общий полигон) (б), нивелирная сеть на промышленной площадке АЭС (в): 1 — грунтовый, стеной, фундаментальный, глубинный реперы, стенная марка; 2 — разрывные нарушения; 3 — зоны контрастных движений земной поверхности.

Как было показано выше, выделяется контрастная зона и в районе ст. Джигинская. Для определения принадлежности этой зоны или ее трассирования нужны дополнительные исследования.

Для выявления характера современных вертикальных движений земной поверхности в районе строительства Крымской АЭС и активности близлежащих разломов в 1984 г. ГУГК была создана специальная нивелирная сеть. Высотная сеть состоит из общего полигона — замкнутого нивелирного хода длиной 76 км на площади $\sim 150 \text{ км}^2$ (среднее расстояние между реперами $l_{\text{ср}} \approx 2,2 \text{ км}$) и системы нивелирных ходов на промплощадке длиной 3 км на площади $800 \times 700 \text{ м}^2$ ($l_{\text{ср}} \approx 0,4 \text{ км}$). На промплощадке и прилегающей территории работы по повторному нивелированию выполнены в соответствии с действующими инструкциями и наставлениями.

Нивелирные сети на промплощадке и по общему полигону закреплены следующими реперами: грунтовыми с глубиной закладки $h = 1,8 - 2,0 \text{ м}$;

фундаментальными с $h = 2,5 \text{ м}$; глубинными свайного типа с $h = 6 \text{ м}$ (сваи диаметром $20 \times 20 \text{ см}$ забивались в грунт) и глубинными трубчатого типа с $h = 15 \text{ м}$ (закладывались бурением). Для закрепления линий на местности были использованы знаки нивелирования прошлых лет: один фундаментальный репер и 9 марок или стеновых реперов, заложённых в здании. Опорными связующими пунктами между общим полигоном и промплощадкой являются грунтовые реперы 5626 и 7729. Специальной программой определены наиболее стабильные реперы, из них исходным принят репер 361 в п. Мысовое. В п. Мысовое имеется уравнительный пункт, который связан с нивелирной сетью. Общий полигон проходит от мыса Казантип на запад вдоль побережья Арабатского залива через п. Семеновка, Калиновка до железной дороги в п. Ленино и на восток по побережью Казантипского залива через п. Азовское, Приморское, Песочное к железной дороге в п. Астанино, затем между п. Ленино и Астанино вдоль железной до-

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

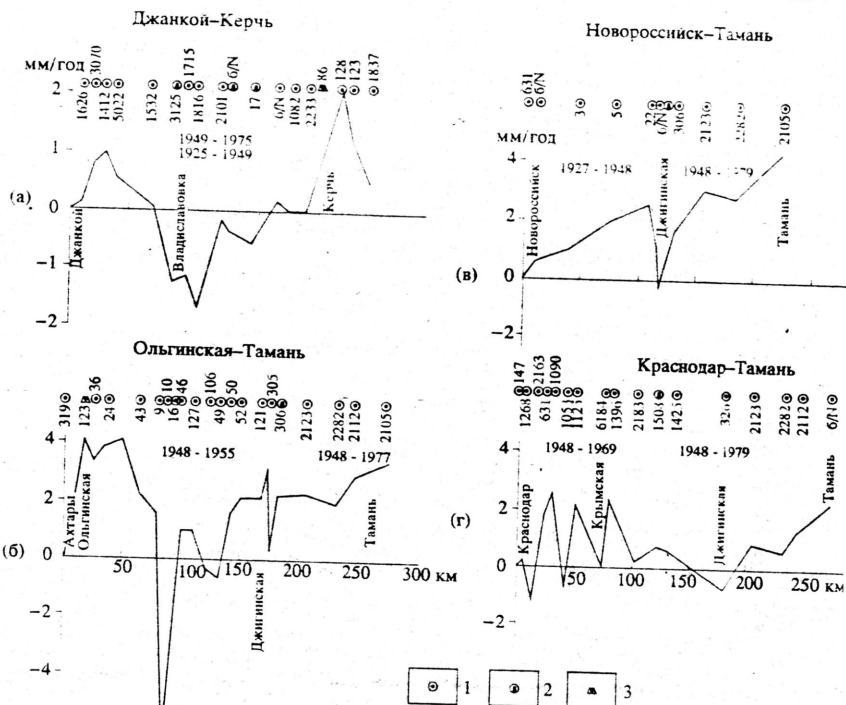


Рис. 2. Графики величин скорости смещений земной поверхности по отдельным линиям государственного нивелирования в исследуемом районе. 1 - грунтовой репер; 2 - скальный репер; 3 - фундаментальный репер.

роги (рис. 1). Трасса общего полигона в период 1984 - 1986 гг. была проnivelлирована 3 раза в полевые сезоны 1984, 1985, 1986 гг. В 1988 г. были проnivelлированы отдельные линии, прилегающие к промплощадке. Кроме того, в районе общего полигона в 1970 г. выполнено нивелирование II класса на участке между реперами 361-2233 и 1940-361 и в 1975 г. - нивелирование I класса на участке 1940-131.

По результатам измерений вычислены скорости смещений земной поверхности для различных временных интервалов. Сравнение скоростей на линиях, где есть измерения в 1970, 1975 гг., показало, что скорости за период (1970, 1975) - (1984 - 1986, 1988) и 1984 - 1988 в основном хорошо согласуются, кроме отдельных аномальных участков (рис. 3). Следовательно, медленные долгосрочные скорости и закономерности смещений определены правильно и сохраняются в течение длительного времени. Невязка в полигоне по измерениям 1984 - 1986 гг. - 0.1 мм/год, по измерениям (1970, 1975) - (1984 - 1988) - 1.8 мм/год. Измерения выполнены нивелиром Ni-004 и инвар-

ными рейками ЭОМЗ ШНИИГАиК (с 198 $m_{Vmax} = \pm 1.8$ мм/год. На рис. 3 видно постепенное поднятие земной поверхности от п. Мысо юго-западном направлении к п. Ленин 4 мм/год, особенно скорости возрастают в следних 4 - 5 км - на 2 - 3 мм/год. Значительное расхождение скоростей за длительный интервал времени и за период 1984 - 1986 гг. обнаружилось на трех аномальных участках между реперами 355-2233, 0897-3791, 8216-8076. Более густая велюрная сеть 1984 - 1986 гг. позволяет детально характеризовать характер смещений в этих аномальных зонах. Перепады скоростей в них достигают 10 мм/год. Схожесть характера смещений первых двух участков позволяет предположить, что эти участки относятся к единой нестабильной активной зоне, возможно, Акташского разлома. Не исключено, что каждый из этих участков принадлежит к разным разломным зонам. Аномальный участок 8216-8076 приходится на район промплощадки АЭС.

На промплощадке в 1984 г. создана специальная нивелирная сеть, состоящая из замкну-

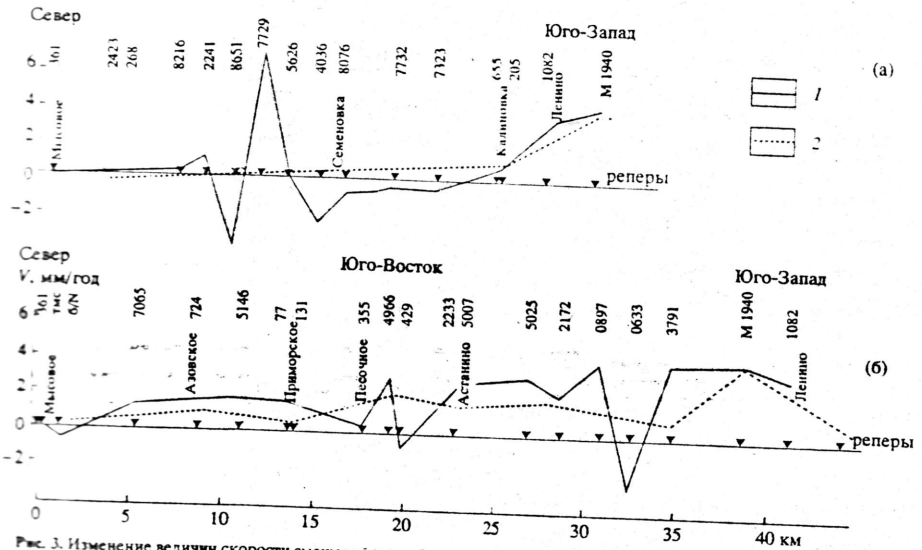


Рис. 3. Изменение величины скорости смещения земной поверхности V по общему полигону по западной стороне (а); по восточной и южной сторонам полигона (б). 1 - V за период 1984 - 1986 гг.; 2 - V за период (1970, 1975) - (1984 - 1986) гг.

когда по границам промплощадки и ходов, пересекающих вкрест территорию строительства. Эта сеть связана с общим полигоном (рис. 1). За период 1984 - 1988 гг. на сети промплощадки выполнено 7 циклов повторного нивелирования, причем за 1984 - 1986 гг. - 6, VII цикл выполнен в декабре 1988 г. Точность выполненных работ $m = \pm 0.3 - 0.5$ мм/км, $m_{Vmax} = \pm 0.3$ мм/год.

Анализ геодезических данных позволил выявить особенности наблюдаемых движений земной поверхности. Реперы в южном углу промплощадки (8969, 5215, 9025), заложенные в насыпные грунты, за период 1984 - 1986 гг. испытали значительную просадку до 30 мм. Данные об их скоростях из анализа смещений исключены. В дальнейшем эти реперы уничтожены. Анализ изменений величин отдельных превышений во времени помог оценить устойчивость реперов, которая характеризуется нестабильностью реперов 0606, 9201. Скорости смещений реперов по восточной стороне промплощадки в 1986 - 1988 гг. значительно замедлились относительно скоростей в интервале 1984 - 1986 гг. Изменение превышений на участках через промплощадку 5626-8771 (оба репера - грунтовые), 8771-7 (грунтовый-глубинный), 7-8, 7-9, 2-1, 2-3, 1-4 (оба репера - глубинные) происходит с постоянной незначительной скоростью. Однако часть грунтовых реперов (729, 5741) в интервале 1986 - 1988 гг. значительно изменила скорости смещений. Поэтому, вероятно, на промплощадке имеют место как тектонические, так и значительные экзогенные движения.

Для разных временных интервалов (1984 - 1986, 1986 - 1988 гг.), когда изменение превышений шло закономерно, вычислены средние скорости смещения реперов. Для периода 1984 - 1986 гг. характерна относительная устойчивость западной половины промплощадки и поднятие северо-восточного угла в полосе шириной 300 - 400 м до 6 мм/год (рис. 4а). В 1986 - 1988 гг. спокойной оставалась западная часть промплощадки, поднятие в северо-восточном углу сменялось на опускание восточной половины промплощадки со скоростями до -6 мм/год (рис. 4б). При расчетах и анализе смещений на промплощадке скорость исходного репера 5626 принята за 0. При включении реперов промплощадки в общую сеть отметки всех реперов согласованы. Градиенты скоростей для территории промплощадки по данным 1984 - 1986 гг. для западной половины и центральной части промплощадки находятся в пределах $(0 - 5) \times 10^{-6}$ год⁻¹. По восточной стороне промплощадки градиенты сохраняются в пределах $(1 - 2) \times 10^{-5}$ год⁻¹. Наибольшие градиенты в северо-восточном углу промплощадки $(1.5 - 2.2) \times 10^{-5}$ год⁻¹ (3 - 4"). Требования к устойчивости АЭС: допустимый крен основных зданий и сооружений составляет 3.3×10^{-6} год⁻¹. Так как в период 1986 - 1988 гг. характер движений на промплощадке значительно изменился, изменилось и распределение градиентов. В северо-восточном углу промплощадки и по восточной стороне градиенты лежат в пределах $(1 - 8) \times 10^{-6}$ год⁻¹. В южной части - в пределах 2×10^{-6} год⁻¹, в центральной части - 6×10^{-6} год⁻¹,

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

а на участках от центральной части на север и восток градиенты больше $(1.5 - 2.5) \times 10^{-5}$ год⁻¹. Независимо от причин, вызывающих движения земной поверхности на территории промплощадки, тектонических, экзогенных или суммарным влиянием тех и других, зафиксированные смещения значительны.

В 1986 г. для уточнения активности северо-восточной части промплощадки на расстоянии ~50 м параллельно северной ветви нивелирной сети в вал Семеновской антиклинали заложены бурением 4 глубинных репера (А, Б, В, Г). Глубина закладки 15 м. Знаки однотипные, заложены в одинаковых инженерно-геологических условиях. Все глубинные реперы (А, Б, В, Г) в интервале 1986 - 1988 гг. (5 повторных измерений) испытали равномерные смещения с разными скоростями (-11 ... -20 мм/год) относительно репера 5626 (рис. 4б). Опускания этих реперов на 5 - 10 мм/год больше, чем у параллельно расположенных в 50 м реперов 0666, 9201, 7729, т.е. рядом с промплощадкой расположена аномальная зона с большими скоростями движений.

При совокупном рассмотрении аномального участка 8216-8076 (общий полигон) и сети промплощадки характер изменения превышений обнаруживает нестабильность репера 4036 на западе участка и постоянную скорость изменения превышений 7729-8651, 8651-2241, 2241-8216 на северной ветви участка в течение 1984 - 1986 гг. По результатам измерений 1984 - 1986 гг. на сочленении профилей промплощадки в северном углу и общим полигоном (4, 5, 6-7729-8216) наблюдается зона контрастных движений, где узкая зона поднятий сменяется зоной опусканий. Здесь максимальные перепады скоростей достигают 10.5 мм/год. Аналогичная картина, но с меньшими амплитудами наблюдается и на переходе профилей промплощадки в общий полигон на западе (4, 5, 6-5626-8076). По схожести характера смещений земной поверхности на этих участках можно было бы предположить, что с северо-запада к промплощадке примыкает зона разлома, возможно, Семеновского. В таком случае глубинные реперы А, Б, В, Г могли бы попасть в разломную зону. По наблюдениям 1986 - 1988 гг., характер поведения реперов на западном участке 4, 5, 6-5626-8076 значительно изменился, а на северо-восточном участке 4, 5, 6-7729-8216 сохранился, но изменились амплитуды. Так как на северо-восточном участке, закрепленном грунтовыми реперами, в течение более четырех лет характер движений, а также скорости глубинных реперов (1986 - 1988 гг.) сохраняются, это трудно объяснить только действием экзогенных факторов. Если это экзогенные процессы, то не узкокальные, а захватывающие большие площади и слои земной поверхности большой мощности (>15 м).

Вышеприведенные геодезические материалы и выполненный анализ позволили выделить зоны

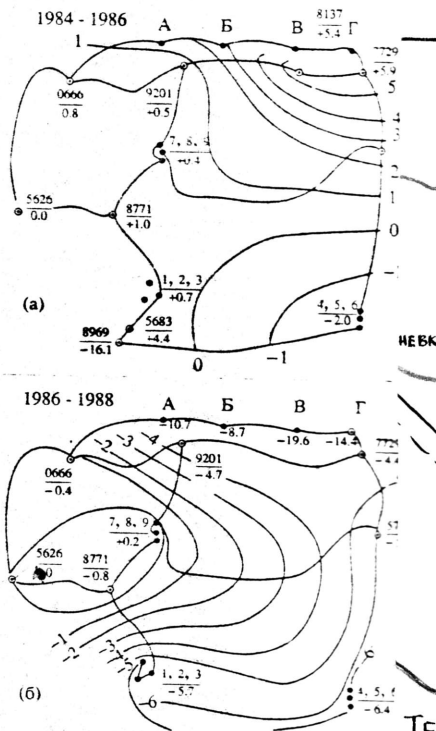


Рис. 4. Карты величин скорости смещений земной поверхности на территории промышленной площадки за период 1984 - 1986 гг. (а) и 1986 - 1988 гг. (б).

контрастных движений, активные в настоящее время:

- аномальную зону контрастных движений южную часть Керченского полуострова в районе п. Владиславовка и выходящую на казское побережье юга Азовского моря, вдоль Южно-Азовского разлома;
- в 8 км на юго-восток от промплощадки слеживается активная аномальная зона простирающаяся юго-запад-северо-восток;
- в непосредственной близости от промплощадки с северо-запада, а также в северо-восточной части промплощадки наблюдаются значительные и в отдельных местах неравномерные деформации, с которыми не считается возможным выяснения причин деформаций в районе промплощадки и устойчивости ее территории необходимо продолжить детальные исследования.