

УДК 62-75

Г.А. Воронов, Е.С. Оксенкруг

**НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМИРОВАНИЯ
ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В РЕЗУЛЬТАТЕ
ЭКСПЛУАТАЦИИ, ЛИКВИДАЦИИ И ЗАКРЫТИЯ
ПОДЗЕМНЫХ ЕМКостей В СОЛЯНОМ МАССИВЕ**

Приведены результаты натурных исследований сдвижений земной поверхности над подземными выработками в каменной соли для обеспечения безопасности ведения ликвидационно-изоляционных работ.

Ключевые слова: соляной массив, подземные емкости, сдвигание земной поверхности, нивелирование.

На территории Астраханской области в начале 80-х годов прошлого столетия с применением ядерно-взрывной технологии были созданы 15 подземных емкостей в соляных отложениях на глубинах 950–1100 м. Со временем в результате геомеханических процессов конвергенции произошло существенное сокращение объемов подземных емкостей и полное или частичное заполнение их радиоактивным рассолом. В связи с возникновением реальной радиозоологической опасности было принято решение о закрытии подземных емкостей и ликвидации технологических скважин.

В открытой печати стали появляться мнения различных ученых о возможном образовании провалов земной поверхности над подземными емкостями (ПЕ) потенциальной угрозе радиоактивного заражения местности и акватории Каспийского моря. В частности в статье проф. Э.Б. Великанова [1] приведены рассуждения о формировании и развитии столбов обрушения над подземными емкостями. Постоянный рост столбов обрушения может привести к провалу колонны труб в ПЕ, образованию воро-

нок проседания, и вследствие этого к миграции сероводорода и радиоактивного рассола на дневную поверхность. В этой связи для периодического мониторинга за развитием геомеханических и геодинамических процессов во вмещающем породном массиве и последующем анализе механического состояния ПЕ и областей сдвижения земной поверхности предусматривается организация в районе расположения объекта «Вега» геодинамического полигона [2].

Для анализа деформационных процессов земной поверхности организуется прецизионное нивелирование II класса точности с целью получения достоверных данных о параметрах процесса сдвижения над подземными хранилищами в соляных отложениях.

При подработке территорий деформированное состояние земной поверхности представляет собой мультисдвигание, идеализированный вариант которой, в случае отсутствия геологических нарушений, представлен на рис. 1.

Исходя из общих принципов построения сети нивелирования, а так-

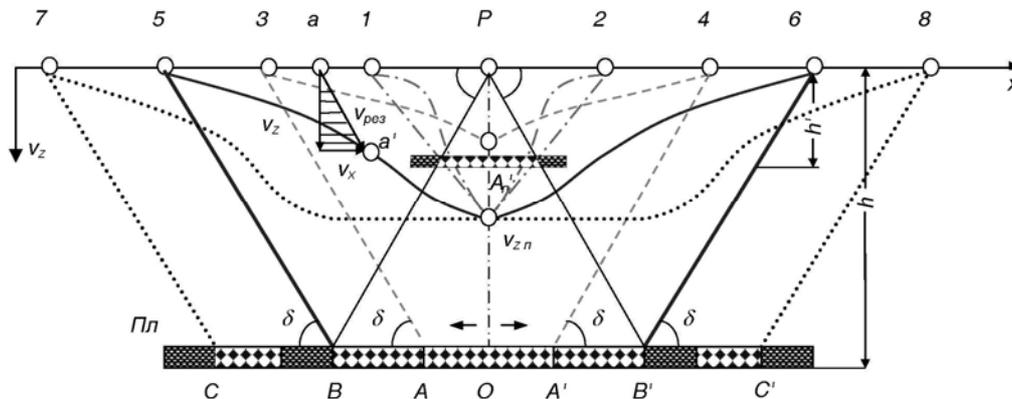


Рис. 1. Общий вид мульды сдвижения: v_x, v_y – компоненты смещения точки земной поверхности в пределах мульды сдвижения; δ – граничный угол; h – глубина подработки

Таблица 1

Параметры профильной линии нивелирования

От пункта	До пункта	Длина линии наблюдения, м	Расстояние между реперами, м	Количество реперов
8	7Т	6900	480	12
7Т	12Т	2400	400	5
12Т	8Т	3000	430	6
8Т	4Т	1200	240	4
4Т	6	7500	470	15

же взаимного расположения подземных

емкостей выбрана следующая конфигурация профильной линии сети маркшейдерско-геодезических наблюдений в районе расположения объекта «Вега» (рис. 2).

Сеть нивелирования состоит из одной профильной линии реперов, проходящей через скважины четырех подземных емкостей практически параллельно одной из главных осей мульды сдвижения. Длина профильной линии составляет 21 км. Сеть нивелирования состоит из двух опорных реперов и 46 рабочих реперов.

Структурные характеристики сети нивелирования представлены в табл. 1.

По рабочим реперам профильной линии было выполнено нивелирование II класса точности по методике,

содержащейся в Инструкции по нивелированию I, II, III и IV классов [3]. По этой же методике было выполнено нивелирование между опорными реперами сети нивелирования.

Нивелирование производилось в прямом и обратном направлении по башмакам. Длина плеча нивелирного хода в зависимости от конкретной ситуации не превышала 75 метров. Расстояние от места установки нивелира до рек измерялось лазерным дальномером нивелира [4, 5]. Нивелирование проводилось по методу ЗЗПП, то есть в процессе измерений на станции снималось два отсчета с задней рейки и два отсчета по передней рейки.

При нивелировании соблюдался следующий режим измерений – каждое последующее измерение состояло из трёх измерений. После каждого из

мерения производился контроль - полученное среднеквадратичное отклонение (СКО) сравнивали с допуском.

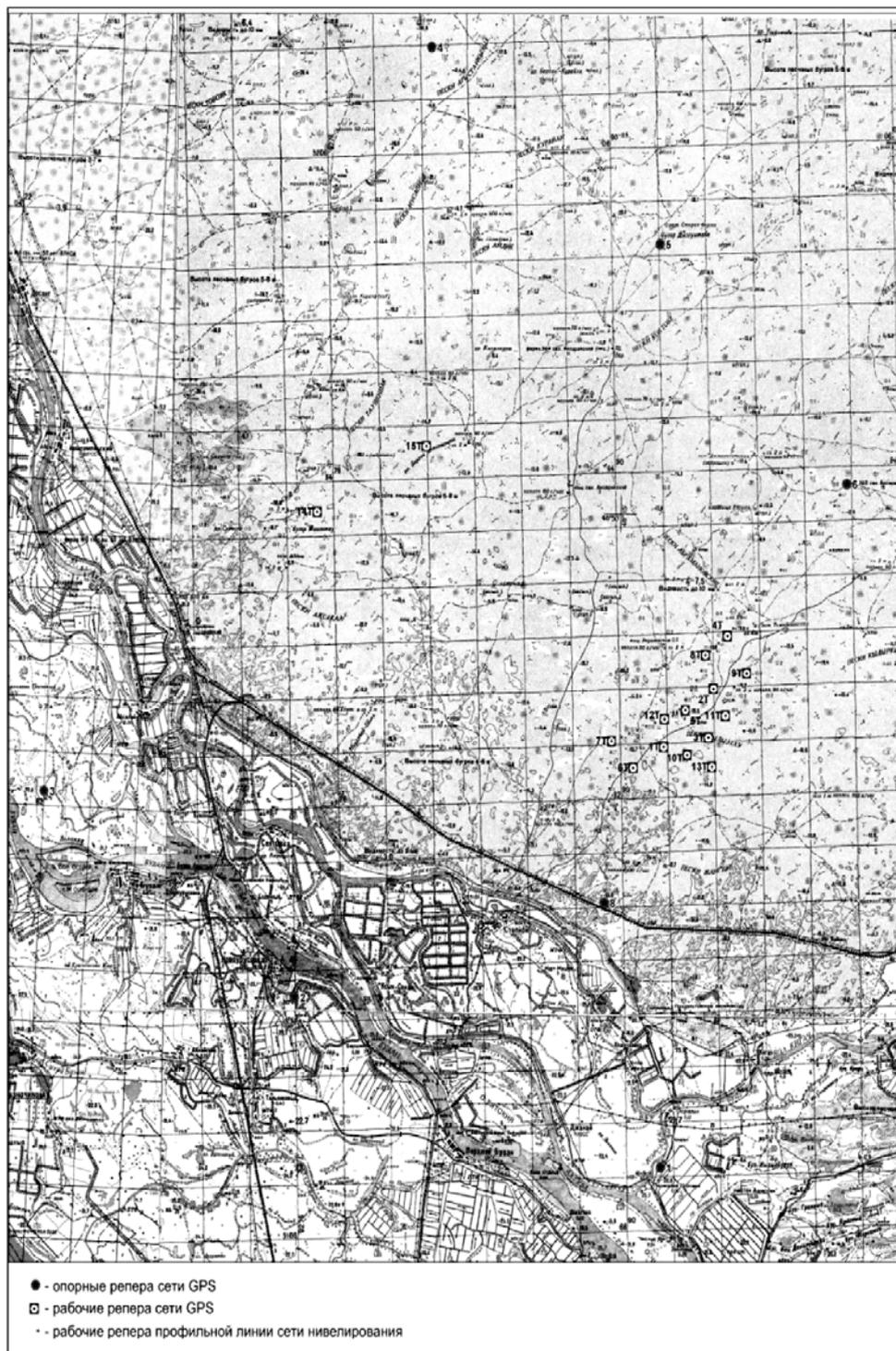


Рис. 2. Схема сети нивелирования

Если полученное СКО меньше допустимого – измерения прекращались, результат выводился на экран и сохранялся в памяти прибора. В противном случае производился повтор измерения или повторное измерение всей станции. Допустимое СКО было получено, исходя из допуска по невязке превышений нивелирования II класса и 25 станций на 1 км хода. В результате предварительного расчета точности допустимое значение СКО на станции составило 0,2 мм.

Контроль разности превышений в прямом и обратном направлении на секциях профильной линии (в мм) определялся по формуле:

$$D = \pm 6\sqrt{L}, \quad (1)$$

где L – длина секции в километрах.

По результатам первого и последующих циклов измерений величина оседаний между циклами наблюдений

может быть определена по формуле:

$$\eta = H_{i-1} - H_i, \quad (2)$$

где H_{i-1} и H_i – высотные отметки реперов соответственно из предыдущего и последующих циклов наблюдений.

По найденным величинам оседаний могут быть определены наклоны и кривизна земной поверхности и получен профиль мульды сдвижения в районе расположения объекта «Вега».

После окончания работ на каждой секции проводилась юстировка угла наклона i визирной оси нивелира по методу Ферштнера. Среднее значение поправки за наклон визирной оси к горизонту составило $i = 7,3$ секунды.

Случайная ошибка нивелирования исключалась автоматическим снятием отсчета по рейке.

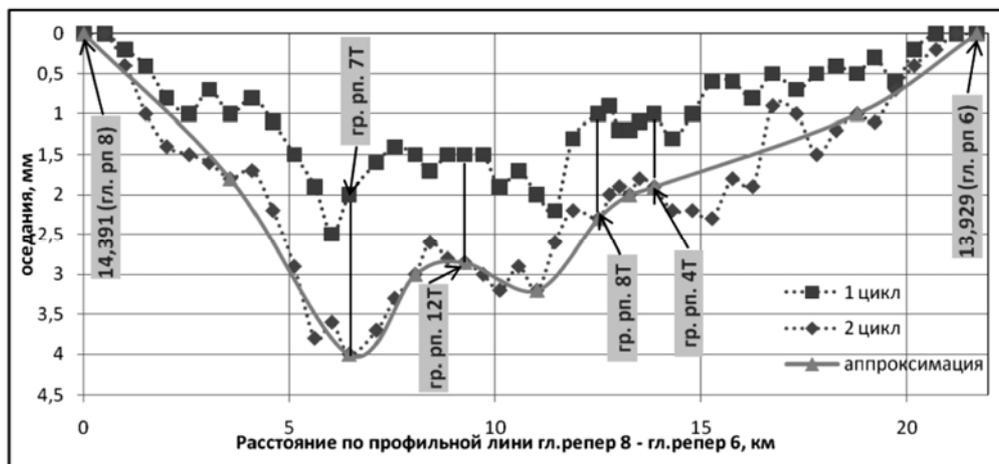


Рис. 3. Распределение оседаний по профилю нивелирования сети геомеханического мониторинга объекта «Вега»

Таблица 2

Статистические показатели точности нивелирования II кл.

Цикл	Длина линии, км	Количество штативов	невязка по линии Δ , мм		СКО η на 1 км в мм	
			фактическая	допустимая	фактическая	допустимая
1	21,573	248	- 14,4	$\pm 23,22$	0,74	2,00
2	21,590	267	+5,80	$\pm 23,23$	0,69	2,00

Систематическая ошибка нивелирования компенсировалась периодической юстировкой угла наклона визирной оси i .

Среднее превышение в секции вычислялось как среднее арифметическое из прямого и обратного ходов нивелирования. Уравнивание нивелирной сети было выполнено как строгое уравнивание методом последовательных приближений.

Распределение вертикальных смещений пунктов профиля репер 8 – репер 6 и аппроксимация полученных результатов с исключением некоторых промежуточных точек профиля представлено на рис. 3.

Статистические показатели точности нивелирования: случайная и систематическая ошибки и их допустимые значения приведены в табл. 2.

Полученные значения ошибок нивелирования ниже допустимых, что свидетельствует об удовлетворительном качестве проведённых работ и возможности применения полученных результатов для оценки сдвижений земной поверхности.

По результатам проведенных циклов нивелирования установлено, что участков суперинтенсивных деформаций не выявлено и максимальные смещения рабочих реперов не превышают 4 мм, что свидетельствует о незначительных деформациях земной поверхности и, следовательно, о промышленной и экологической безопасности подземных емкостей и технологических скважин при проведении ликвидационно-изоляционных работ на объекте «Вега».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Великанов Э.Б. Последствия атомных взрывов в Аксарайске. «Факт и компромат» № 17, Астрахань. – 2006.

2. *Технический* проект выполнения комплекса маркшейдерских работ на объекте «Вега» (Астраханское ГКМ). Том I. Горно-геологическое обоснование. ООО «Подземгазпром», – Москва. – 2006.

3. *Инструкция* по нивелированию I, II, III, IV классов. Федеральная служба геодезии и картографии России. М., «Картгеоцентр» – «Геодиздат», 2004. – 244 с.

4. Уставич Г.А., Шаульский В.Ф., Винокурова О.И. Разработка и совершенствование технологии государственного нивелирования I, II, III и IV классов. – Геодезия и картография. – 2003. – № 7. – с. 10–15.

5. Хаимов З.С. Определение действительной точности высокоточного нивелирования. – Геодезия и картография. – 2000. – № 9. – с. 19–27. **ГИАБ**

Коротко об авторах

Воронов Г.А. – главный маркшейдер, ООО «Подземгазпром»,
G.Voronov@podzemgazprom.ru

Оксенкруг Е.С. – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник,
ООО «Подземгазпром», mail@podzemgazprom.ru

