

U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR

U.S. GEOLOGICAL SURVEY

**A Field and Laboratory Procedure to Desorb  
Coal Bed Gases from Drill Core and Cuttings**  
(A Russian translation of portions of USGS Open File 91-563)

Text by Charles E. Barker<sup>1</sup>

Translation by Eleonora Mirzoyan<sup>2</sup>

Open File Report 96-658

This report is preliminary and has not been reviewed for conformity with U.S. Geological Survey editorial standards (or with the North American Stratigraphic Code). Any use of trade, product, or firm names is for descriptive purposes only and does not imply endorsement by the U.S. Government.

<sup>1</sup> Denver Federal Center, Lakewood, Colorado 80225 U.S.A.

<sup>2</sup> U.S. Geological Survey, Local Armenian Staff, Armenian Coal Project, Yerevan, Armenia

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЛУЖБА США  
Полевые и лабораторные процедуры  
по десорбции газа из угля

## ОБОРУДОВАНИЕ

Уголь подвергался десорбции (десорбция - выделение газа) с помощью использования канистр и манометра типа бюретки (бюретка - стеклянная трубка с делениями и краном для точного отмеривания небольших количеств жидкостей), описанных Клозом и Ирвином (Close and Ervin, 1989). Манометр типа бюретки был собран из обычного доступного лабораторного инвентаря (приборов) (Рис. 1). Возможно также собрать такой манометр с помощью градуированного цилиндра, опрокинутого в ванночку с водой (Diamond и другие, 1986, рис. 2). Бюретка с автоматической начальной установкой на ноль оказывается более практичной в том случае, когда требуется быстро снять показания с нескольких канистр. Тем не менее манометр на базе градуированного цилиндра лучше для взятия проб газа. Все соединительные шланги для соединения манометра с канистрой должны быть одного типа (а они бывают разных видов), поэтому лучше приобретать их в комплекте "мама-папа", т. е. охватываемые/охватывающие соединители для обеспечения их совместимости и газонепроницаемости. Жидкостью в манометре служила смесь из окрашенного пропилен-гликоля и воды (обычно известная как антифриз, используемый в транспортных средствах для предотвращения замерзания системы охлаждения в случае, если обогреватель выходит из строя). Длина газовой трубки от канистры до манометра выдерживалась минимальной для уменьшения вероятности возникновения погрешности в случае разности температур.

Для десорбции использовались пластиковые канистры корпорации SSD с алюминиевыми крышками (адреса производителей приведены ниже). Крышки канистр были модифицированы (видоизменены) таким образом, чтобы температуру угольного стержня можно было измерить путем ввода шупа термопары в закрытую трубку, которая, в свою очередь, находилась в непосредственном контакте с угольным стержнем. Эта модификация была выполнена путем снятия датчика давления (манометра) с крышки канистры и введения медной трубки длиной в 6 дюймов и диаметром 1/4 дюйма (рис. 3). Трубка с одного конца запаивается, а с другого остается открытой. Открытый конец впаивается в латуневую трубку втулки редуктора, с нанесенной на ней резьбой от 1/4 до 1/8 дюймов. Втулка, внешний диаметр резьбы которой 1/4 дюйма ввинчивается в резьбованное отверстие, в которое раньше ввинчивался манометр. Фирма Omega Engineering также изготавливает глухой (т. е. закрытый) канал для термопары,

легко приспособляемый для таких целей.

Канистры и манометр были помещены в изолированную коробку для минимизации температурной разницы между канистрами и манометром, а также для того, чтобы дать возможность канистрам нагреваться до температуры резервуара. Во время наших измерений в процессе десорбции, пробы выдерживались при комнатной температуре (обычно  $70-75^{\circ}\text{F}$  или  $21,1 - 23,88^{\circ}\text{C}$ ) и не нагревались до температуры резервуара, т.к., из-за не-большой глубины стержня, эти температуры приблизительно одинаковые.

Обращаем Ваше внимание на то, что когда десорбция проводится в лаборатории (т.е. в помещении), пробы, по-возможности, должны быть охлаждены после комнатной температуры и доведены до температуры резервуара. Например, в каменноугольном бассейне на реке Wind, средняя годовая температура на поверхности участка бурения равна  $43^{\circ}\text{F}$ , а температурный градиент составляет около  $1,2^{\circ}\text{F}/100$  футов <sup>( $6^{\circ}\text{C}$ )</sup> (предполагая, что температура резервуара около  $50^{\circ}\text{F}$ ) <sup>( $22^{\circ}\text{C}/\text{Km}$ )</sup> для скважины глубиной в 600 футов. В более глубоких скважинах <sup>( $10^{\circ}\text{C}$ )</sup> (и по-видимому более горячих) подогрев канистр до температуры резервуара является крайне необходимым для правильных измерений в процессе десорбции. Некоторые операторы используют водяные ванны для подогрева канистр, но мы считаем, что непрактично переносить с места на место в поле резервуар, наполненный водой. Мы использовали изолированную коробку с воздухом в качестве среды, передающей тепло. Для десорбции, производимой при повышенных температурах, пластиковые канистры, изготовленные из поливинил-хлорида (PVC), без деформации могут быть использованы только при температуре до  $175^{\circ}\text{F}$ . Если десорбция производится при высоких температурах, нужно использовать <sup>( $79^{\circ}\text{C}$ )</sup> алюминиевые канистры.

Для коррекции измерений объема выделяемого газа, появилась возможность цифрового чтения давления окружающей среды с помощью использования цифрового счетчика Solomat марки 500E, оборудованного барометрическим датчиком давления марки 515 BRX. Датчик давления калибровался каждый раз и до и после каждого выезда в поле с помощью ртутного барометра Princo, марки 543 типа Fortin. Внутренняя температура в канистре на поверхности угольного стержня устанавливалась с помощью цифрового термометра, размерами 6 дюймов длиной и 0,05 дюймов в диаметре. Миниатюрная термopара фирмы Omega Engineering типа K, вставлялась в счетчик марки Solomat 500E.

Для коррекции измерений процесса десорбции использовались урав-

нения, приведенные у Клоза и Ирвина (Close and Ervin, 1989), которые основываются на измерениях, взятых в английских единицах измерения.

Формулы Клоза и Ирвина базируются на Объединенном (General) Газовом Законе (см. Schaum и Rosenberg, 1966, глава 7 для обзора) и могут быть пересчитаны на любую систему измерения. Инглиш (English, 1984) сформулировал дополнительную методику расчета.

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ДЕСОРБЦИИ ГАЗА ИЗ КАМЕННОГО УГЛЯ, ПРИНЯТАЯ В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЕ США

### ■ Перед выездом в поле

Предварительно необходимо: почистить канистры, проверить и заменить (если имеются) поврежденные прокладки или датчики. Снимите пломбу (герметизирующий слой) с крышки канистры и, если необходимо, зацементируйте ее заново в нужном месте силиконовым цементом. Снимите крышку канистры и снова плотно оденьте ее. Накачайте цилиндр до давления 10-15 фунтов на квадратный дюйм с помощью велосипедного насоса, закрепленного с помощью соединителя, который можно подсоединять к штуцеру канистры. Отметьте положение стрелки датчика давления (манометра) на пластиковой крышке стеклографом; погрузите в ванну с водой. Если обнаружена утечка, устраните ее и проверьте еще раз. В некоторых случаях полезно слегка воспользоваться силиконовой вакуумной смазкой для лучшей герметизации, но с другой стороны эта процедура плоха тем, что смазка может притягивать грязь, разрушающую пломбу (герметизирующий слой).

ПРИМЕЧАНИЕ. Пользуйтесь обеими руками сразу и затягивайте оба винта одновременно для того, чтобы крышка канистры села равномерно. Винты затягивайте до отказа. Не пользуйтесь в данном случае инструментами, т.к. это может повредить крышку канистры или герметизирующий слой.

В некоторых случаях необходимо плотно затянуть гайки и шайбы на винтах канистр, а если это не удастся, необходимо нанести рукой соответствующую герметизирующую пасту, взятую с крышки канистры.

Подготовьте и вложите в упаковку вместе с оборудованием ящик с нужными запасными частями, клапаны, фитинги и т. д., т. к. может произойти утечка и часто необходим немедленный ремонт прямо на месте.

Оборудование:

Велосипедный насос или ему эквивалентный, водяная ванна.

Материалы:

Вакуумная смазка лучше годится для О-образных хомутов и прокладок; тефлоновая паста лучше всего для герметизации клапанов и датчиков; фломастеры; стеклографы; гаечный ключ, шайбы и гайки.

- Соответствующее число канистр.
- Перед проведением измерений по десорбции, взвесьте канистры и

запишите их массу на шильдике, расположенном на цилиндре. Мы пришли к выводу, что для повышения результативности измерений необходимо ставить канистры на одно и то же место на весах. Требования к параметрам весов: точность -  $\pm 1$  грамм и максимальная нагрузка 6 - 10 кг, в зависимости от длины канистры и материала из которого она изготовлена.

Оборудование:

Весы, максимальная нагрузка которых равна  $10 \pm 0,001$  кг.

#### ▪ НА УЧАСТКЕ БУРЕНИЯ

Наполните бюретку (SSD Inc., Grand Junction, CO; Рис. 1) жидкостью перед взятием керновой пробы для того, чтобы быть готовыми производить замеры показаний десорбции каждые 15 мин. в течение первых 2-х часов. Рекомендуется вдуть небольшое количество воздуха в манометр, чтобы сместить жидкость и посмотреть, сколько времени понадобится для установки "0"-й точки. Отметьте первоначальное положение "0"-й точки объема манометра ( $V_0$ ) с помощью стеклографа на градуированном цилиндре. Мы обратили внимание, что удобно, когда нулевая точка нахо-

дится ниже верхней части манометра на 50-100 мл, т.к. если она находится выше и давление в канистре ниже атмосферного, жидкость манометра будет всасываться в камеру. В любом случае, если всасывание происходит, клапан канистры должен быть немедленно закрыт (см. раздел критических измерений, приведенный ниже). Мы также регистрировали количество газа, всасываемое обратно в канистру и вычитали его из показаний измерений кумулятивного объема.

Во время десорбции, каждое последующее измерение не должно производиться до тех пор, пока манометр не установится на "0"-ой точке. Если десорбция производится при низких температурах и жидкостью в манометре служит антифриз, то повышенная вязкость делает установку на "0"-ю точку слишком медленной. В дальнейшем, при изготовлении манометров, эта проблема была скорректирована с помощью использования трубки и фитингов большего диаметра. Следует также отметить, что некоторые канистры со шланговыми соединителями при открытии, автоматически герметически закрываются. Канистры такого типа должны иметь клапан для доступа в манометр атмосферного давления для установки на "0"-точку.

#### Оборудование:

Манометр типа бюретки, наполненный слегка подкрашенной жидкостью (для того, чтобы легче было определить положение уровня мениска) или подкрашенным антифризом, используемым в транспортных средствах (смесь пропилен-гликоля, необходимая только в случае, если на участке бурения возможны "минусовые" температуры). Шланг для низкого давления. Соответствующие шланги и фитинги.

▪ Перед взятием керновой пробы на участке бурения, установите на козлы для распиливания поддон для промывания (обогащения) и подготовьте его для керна. Поддон не нужен, если используется колонковая труба, т.к. керн может находиться в раскрытой колонковой трубе до поступления в канистру. Установите водяной шланг (для ополаскивания керна от бурового раствора). В скважинах, где для бурения используется воздух, керн может быть вполне чистым и в промывании не нуждается. Необходимо иметь молоток или зубило или другие режущие инструменты для того, чтобы раздробить керн на 12-ти дюймовые кусочки. Необходимо иметь наготове фломастер, для отметки возраста пласта и ориентиров-

ки керн. Полезно сфотографировать керн в поддоне перед дроблением, т.к. канистру нельзя снова открывать до завершения десорбции, которая в некоторых случаях может длиться несколько месяцев.

Оборудование:

Поддон для керн, источник проточной воды, шланги для воды, молоток и зубило, фотоаппарат, фотопленка и вода.

• Прикрепите бюретку к шлангу канистры, установите барометр, термометр и часы на трейлере, установите канистры, запишите информацию на бланке формы для десорбции. Эти и другие приготовления необходимо сделать перед взятием керновой пробы для того, чтобы сразу же, как можно скорее после взятия керновой пробы, вставить очищенный керн в канистру.

## ПРОЦЕСС БУРЕНИЯ

1. Запишите критическое время, дату, начальный объем бюретки и вес в таблицу для проведения десорбции.

Используйте часы с 24-х часовым циферблатом для облегчения вычислений кумулятивного времени.

Оборудование:

Часы, бланк формы для десорбции (рис. 4).

2. Как можно скорее, сразу же после взятия керновой пробы, снимите цилиндр породы с колонковой трубы, поместите его в поддон или откройте колонковую трубу. Если необходимо, быстро промойте керн свежей водой. Отметьте керн черным и красным фломастерами сверху до низу (красную полосу - справа) и расколите керн на куски, длиной в 12 дюймов. Сфотографируйте керн.

Перед открытием канистры, проверьте есть ли еще в ней давление, посмотрите на отметку, нанесенную стеклогграфом (указывающую, что утечки в канистре не произошло; если утечка произошла, отложите ее в сторону и позже отремонтируйте), затем откройте клапан и уменьшите давление перед тем, как отвинчивать крышку. Тем не менее, необходимо помнить, что уменьшение температуры после запеча-



ывания канистры может уменьшить давление. Поэтому, если стрелка датчика слегка отклонилась от отметки, нанесенной стеклографом, через несколько дней спустя после закрытия, то утечки в канистре быть не может. Как было замечено, в канистрах, в которых утечка не происходит, давление уменьшается до 5 фунтов на квадратный дюйм из-за погодных изменений (Donna L. Boreck, U. S. Bureau of Mines, personal communication, 1991).

#### Оборудование:

Поддон для промывания керна, водяной пульверизатор, пила или молоток/зубило, сжатый воздух для высушивания керна, фотоаппарат и фломастер.

3. Как можно скорее, поместите 12-дюймовые угольные цилиндры (или осколки, если указано) в 12-16 - дюймовые канистры. Отметьте, как можно точнее, возраст угля на каждой канистре. Убедитесь, что клапан канистры закрыт.

ОТМЕЧЬТЕ ТОЧНОЕ ВРЕМЯ ЗАКРЫТИЯ на бланке формы для десорбции (Рис. 4).

---

Затяните оба винта одновременно до отказа

---

4. Как можно скорее поместите канистры в резервуар с водой для того, чтобы проверить нет ли утечки. Если утечка есть, затяните винты крепче и заново проверте, погружая ее в воду. Если она все еще протекает, откройте крышку и проверьте не собралась ли грязь на герметизирующем слое. Если необходимо, почистите или замените поврежденные прокладки и слегка смажьте герметизирующий слой силиконовой вакуумной смазкой. КАЖДЫЙ РАЗ ЗАНОВО ПЕРЕД ЗАКРЫТИЕМ КАНИСТРЫ НУЖНО ОТМЕЧАТЬ ТОЧНОЕ ВРЕМЯ. После тщательной проверки на утечку, занесите окончательное время закрытия в бланк формы для десорбции (Рис. 4).

## Десорбция

---

5. Рекомендуется производить замеры объема газа, выделяемого при десорбции каждые 15 мин. в течение первых 2-х часов. Такой малый интервал между измерениями объясняется тем, что быстрое возрастание первоначального давления в цилиндре может препятствовать десорбции газа и малые интервалы нужны, чтобы предотвратить потери газа.

### Критические измерения

- 1) Подсоедините канистру к трубке, ведущей к бюретке;
- 2) откройте клапан канистры;
- 3) после того, как жидкость в бюретке перестанет опускаться, отметьте конечное значение величины объема ( $V_f$ );
- 4) запишите изменение объема в бюретке в бланке формы для десорбции. При каждом измерении, количество газа, выделенного в результате десорбции равно абсолютной величине разности  $V_o - V_f$ .

Также отметьте в бланке формы десорбции в момент измерений объема:

- 1) барометрическое давление;
- 2) температуру канистры, которую можно измерить путем ввода термопары в канал (для термодатчика), расположенный на верху канистры (убедитесь, что снимаемое показание уже установилось);
- 3) время и дату измерения.

Примечание. Используйте текущее показание барометра для вычисления объема при нормальных температуре и давлении. Не корректируйте показания давления. НЕ ОБЯЗАТЕЛЬНО немедленно производить коррекцию при нормальных температуре и давлении. Это можно сделать позже.

---

Критическое состояние: Если канистра начинает всасывать жидкость или газ из бюретки, немедленно закройте клапан.

---

Всасывание кислорода в канистру может вызвать биологическую ак-

тивность, в результате которой вырабатывается газ и дальнейшие измерения в процессе десорбции сводятся на нет. В канистру может всасываться газ и жидкость и на более поздней стадии десорбции, т.к. барометрические и температурные изменения могут вызвать уменьшение давления до уровня, ниже атмосферного. КОЛИЧЕСТВО ГАЗА В ПРОЦЕССЕ ДЕСОРБЦИИ МОЖЕТ БЫТЬ ИЗМЕРЕНО В ДРУГОЙ ДЕНЬ, КОГДА УСЛОВИЯ ИЗМЕНЯТСЯ И (ИЛИ) ДАВЛЕНИЕ В КАНИСТРЕ УВЕЛИЧИТСЯ.

6. Закройте клапан канистры. Отсоедините ее от шланга бюретки. Дайте возможность бюретке установиться на "0". Измерения для сле-  
дующего цилиндра производите, начиная с пункта 5.

---

Это длительные по времени критические измерения. Измерения, приведенные ниже, могут быть сделаны в любое время.

---

7. Один раз, первоначально, нужно (для того, чтобы не делать частые замеры показаний бюретки) воспользоваться весами для измерения общей массы, равной сумме массы керна и массы канистры; запишите результат в бланк формы десорбции. Отнимите вес канистры (первоначально измеренный и отмеченный на шильдике канистры, а также занесенный в бланк формы десорбции). Начните расчет и составление графика кумулятивной кривой десорбции на миллиметровой бумаге (график зависимости кумулятивного объема газа необогащенного (сырого) угля в  $\text{см}^3/\text{г}$  от времени). Масса высушенного беззольного угля может быть рассчитана только после десорбции, так что сейчас об этом не беспокойтесь.

---

Канистра, которая всасывала воздух, может быть обнаружена по графику кривой зависимости кумулятивного объема газа на грамм необогащенного угля от времени. Обычно кривая становится асимптотичной к некоторой величине, изображающей конечный объем газа в процессе десорбции. В случае попадания воздуха в цилиндр, результирующая биологическая активность может вызвать разрыв кривой при данном асимптотическом приближении (например, разрыв в наклоне) и отклонение от нормальной траектории.

---

8. Продолжайте проводить десорбцию до тех пор, пока не будет добываться каждый день в течение недели менее чем  $10 \text{ см}^3$  газа. (Close and Ervin, 1989). На это может уйти несколько месяцев!
9. Скорректируйте измерения объема при нормальных температуре и давлении (Close and Ervin, 1989; Schaum and Rosenberg, 1966; English, 1984). После коррекции при нормальных температуре и давлении, рассчитайте кумулятивный объем газа как функцию от корня квадратного из кумулятивного времени (с точностью до десятых часа или минут) в линейном масштабе на миллиметровой бумаге. Этот график дает сначала прямую линию, которая используется для экстраполяции по оси Y. Количество газа, потерянное по пути, начиная от скважины, оценивается величиной по оси Y, которая затем суммируется с конечной величиной кумулятивного объема газа.

---

Для скважин, где бурение происходит при наличии бурового раствора, началом отсчета времени для коррекции потерь газа, является время начала подъема угля с забоя. Это время принято за "0"-ю точку отсчета, т.к. считается, что десорбция начинается, когда давление, действующее на уголь начинает падать. Для скважин, где бурение производится с помощью воздуха и в скважине при бурении не образуется вода, "0"-й точкой отсчета является время проходки угольного пласта.

---

## ЗАГОЛОВКИ К РИСУНКАМ

Рис. 1 - Манометр, изготовленный из стандартной стеклянной бюретки, видоизмененной для проведения измерений десорбции угля.

Рис. 2 - Манометр, изготовленный из стандартного лабораторного градуированного цилиндра для измерений объема газа и взятия образцов газа для анализа. Рисунок видоизменен на базе Diamond et al. (1986).

Рис. 3 - Канистра для проведения десорбции угля, видоизмененная таким образом, чтобы измерения температуры можно было проводить путем непосредственного контакта с угольным керном. Рисунок видоизменен на базе работы Close and Erwin (1989).

Рис. 4 - Пример бланка формы десорбции.

# ЗАПИСИ ПО ДЕСОРБЦИИ МЕТАНА ИЗ УГЛЯ

Номер канистры \_\_\_\_\_ Интервал смены керн. в канистре \_\_\_\_\_ Стр. \_\_\_\_\_

Критические замеры: Время-Вес-Объем

(Используйте часы с 24-часов. циферблатом)

Время проходки угольн. пласта \_\_\_\_\_ Масса канистры + масса керн. \_\_\_\_\_ (г)  
 Время окончания взятия керн. пробы \_\_\_\_\_ Минус масса канистры \_\_\_\_\_ (г)  
 Время выхода керн. на поверхность \_\_\_\_\_ Результ. масса необогащ. угля \_\_\_\_\_ (г)  
 Время установки керн. в канистру \_\_\_\_\_ Минус масса сухого беззолн. угля \_\_\_\_\_ (г)  
 Нулевая точка объема бюретки \_\_\_\_\_ (см<sup>3</sup>) Результ. масса сухого беззолн. угля \_\_\_\_\_ (г)

Замеры	Барометр.	Темпе- ратура	Время замера	Продол- житель- ность	Бюретка (V <sub>г</sub> - V <sub>г</sub> )	Объем (норм. t° и P)	Кумул. объем (норм. t° и P)	Кумул. объем (норм. t° и P)	Кумул. объем (норм. t° и P)	Примеч.
	давл. (дюйм)	(°F)	(дата)	(час)	(см <sup>3</sup> )	(см <sup>3</sup> )	(см <sup>3</sup> )	(см <sup>3</sup> /г)	(см <sup>3</sup> /г)	
№								необо- гащен. угля	сухого без- золн. угля	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										

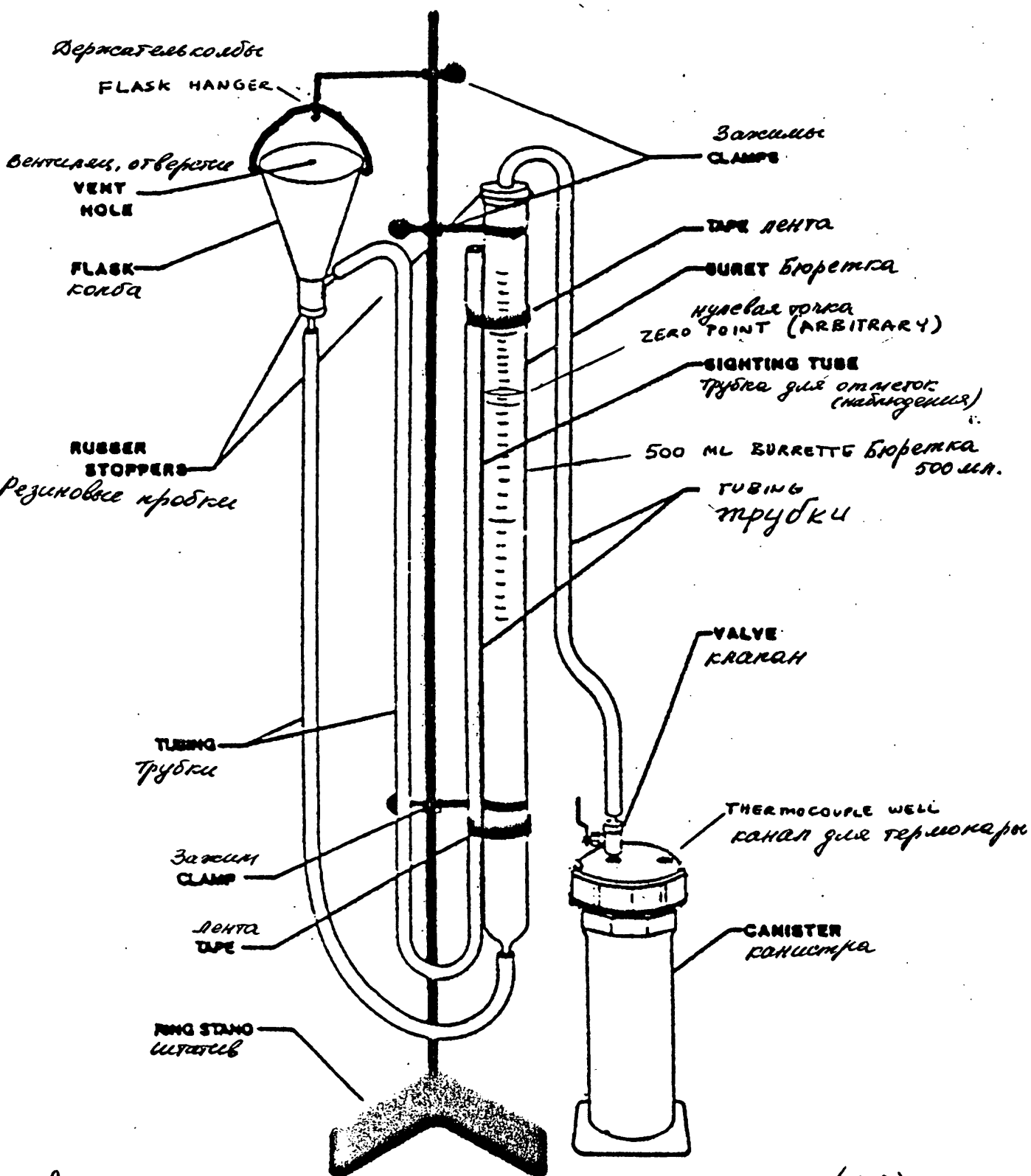
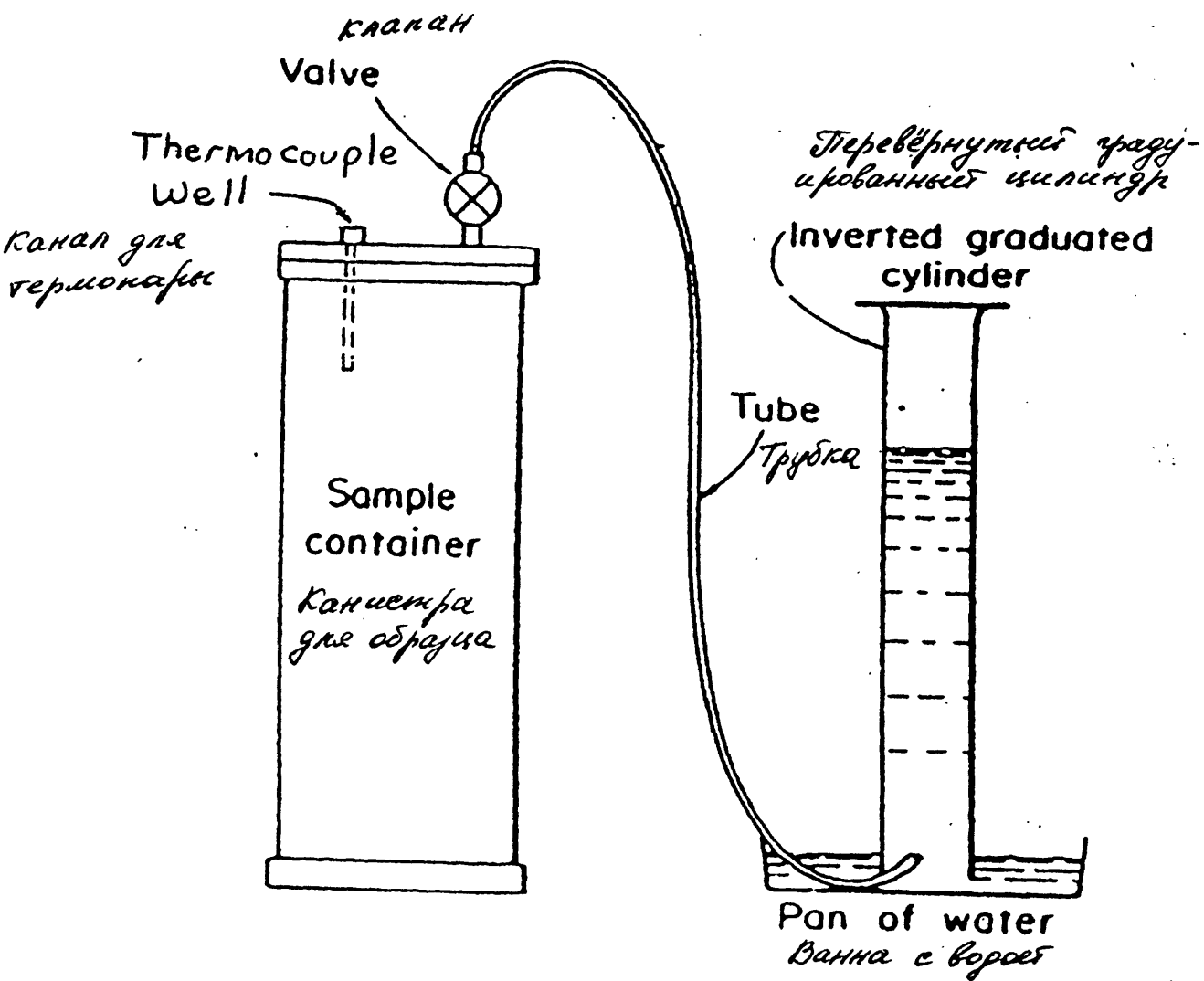


Рис. 1

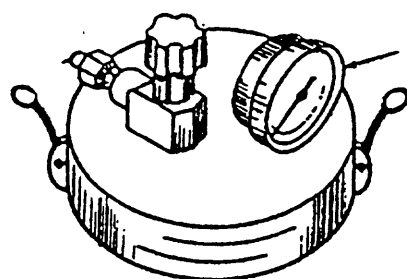
from Close & Erwin (1989)



from Diamond et al (1986)

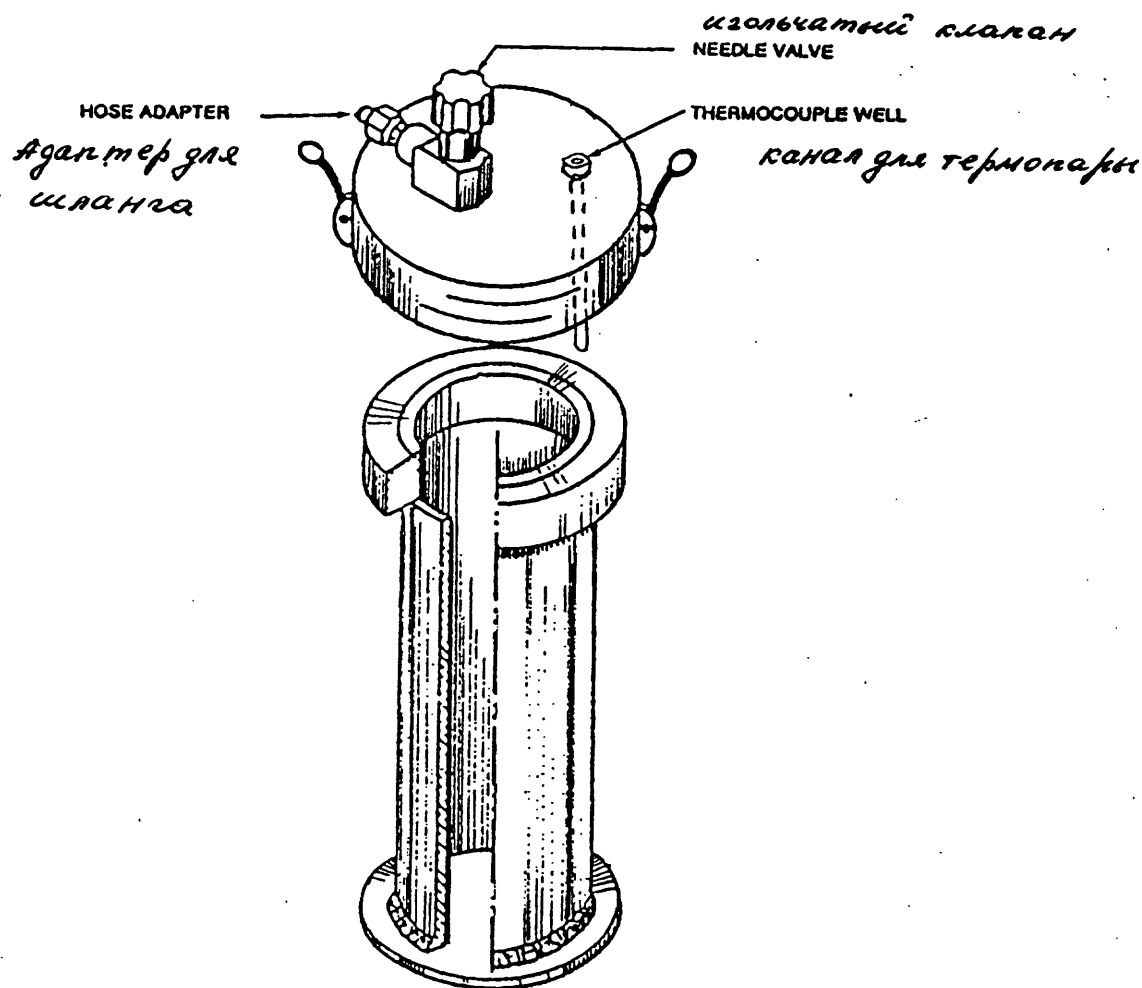
Рис. 2.





0-30 psig GAUGE  
(remove)

Монометр (датчик  
давления).  
0-30 фунтов на квадратный  
дюйм  
(датчик не  
термопару, т.е. сн.ст.)



HOSE ADAPTER

Адаптер для  
шланга

Игольчатый клапан  
NEEDLE VALVE

THERMOCOUPLE WELL

канал для термопары

Рис. 3.