

ЗАМКНУТЫЙ ВОДОБОРОТ ФАРМПРЕДПРИЯТИЯ



■ **А. В. Господинов**
Генеральный директор ООО «Лаборатория Асептика»



■ **Н. Е. Кручинина**
Профессор, доктор технических наук, декан факультета БПЭ РХТУ им. Д.И.Менделеева



■ **В. В. Емжина**
аспирант РХТУ им. Д.И.Менделеева



■ **А. Б. Фадеев**
аспирант РХТУ им. Д.И.Менделеева

СОВРЕМЕННОЕ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО ДОЛЖНО ОТВЕЧАТЬ РЯДУ ОСНОВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ. [1] СРЕДИ ЭТИХ ТРЕБОВАНИЙ ОСОБОЕ МЕСТО ЗАНИМАЕТ ЗАМКНУТЫЙ ВОДОБОРОТ. ТАК КАК СТАТЬЯ ПРОСВЕЩЕНА ПРОБЛЕМАМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ФАРМПРЕДПРИЯТИЙ ПРИВЕДЕМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМИНОВ, КОТОРЫЕ БУДЕМ ИСПОЛЬЗОВАТЬ.

Водной объект – сосредоточение природных вод из поверхности суши либо в горных породах имеющие характерные формы и распространения и черты режима.

Поверхностные воды – воды находящиеся на поверхности суши в виде различных водных объектов. [2]

Артезианская вода – напорная подземная вода, заключенная в глубоких водоносных пластах между водонепроницаемыми слоями.

Дождевая вода – вода, образованная из атмосферных осадков, в которую еще не поступили растворимые вещества из поверхностных вод. [3]

Водозабор – забор воды из водоема водотока или подземного источника. [2]

Сточные воды – воды, отводимые после использования в бытовой и производственной деятельности человека. [4]

Приемник сточных вод – водный объект, в который сбрасываются сточные воды.

Расход сточных вод – объем сточных вод, протекающий в интервале для расчета сетей и сооружений канализации. [5]

Повторное использование воды – использование отводимых объектом сточных вод для водоснабжения. [4]

Канализация – отведение бытовых, промышленных, ливневых сточных вод.

Канализационная сеть – система трубопроводов, каналов или лотков и сооружений на них для сбора и отведения сточных вод. [6]

Источник питьевого водоснабжения – водной объект (или его часть), который содержит воду, отвечающую установленным гигиеническим нормативам для источников питьевого водоснабжения, и используется или может быть использован для забора воды в системы питьевого водоснабжения. [3]

Воду питьевую в зависимости от водоисточника подразделяют: на артезианскую, родниковую (ключевую),

грунтовую (инфильтрационную) – из подземного водоисточника, и на речную, озерную, ледниковую – из поверхностного водоисточника. [7] Любое производство имеет водозабор. Основные источники водозабора это артезианская скважина, поверхностные воды или централизованный водопровод.

Нормативной базой для проектирования систем водоснабжения и

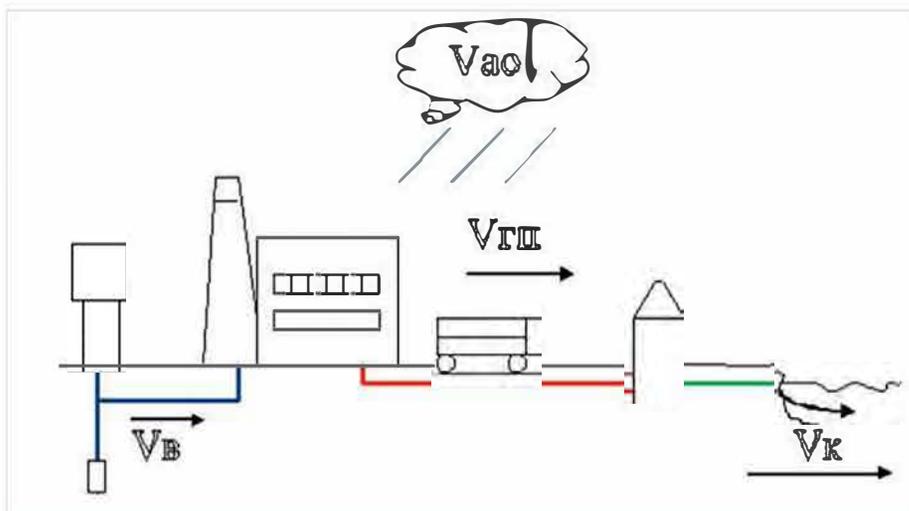


Рис 1. Общая схема водоснабжения и водоотведения фармпредприятия

$$V_{\text{в}} + V_{\text{ao}} - V_{\text{гп}} = V_{\text{к}}, \{1\}$$

где $V_{\text{в}}$ – объем водозабора, V_{ao} – объем атмосферных осадков, $V_{\text{гп}}$ – объем воды в готовом продукте.

$$V_{\text{в}} = V_{\text{вв}} + V_{\text{во}}, \{2\}$$

где $V_{\text{вв}}$ – вода водопроводная; $V_{\text{во}}$ – вода очищенная

$$V_{\text{к}} = V_{\text{кб}} + V_{\text{лк}} + V_{\text{кск}}, \{3\}$$

где $V_{\text{кб}}$ – бытовая канализация, $V_{\text{лк}}$ – ливневая канализация, $V_{\text{кск}}$ – специализированная канализация.

водоотведения фармпредприятия является

СНИП 2.04.01-85* «Внутренний водопровод и канализация зданий»,

СНИП 2.04.02-84* «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения»,

СП 40-102-2000 «Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов»

ГОСТ 2874-82* «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством»

МУ-78-113 – Методические рекомендации «Приготовление, хранение и распределение воды очищенной и воды для инъекций»;

Руководство по качеству воды для применения в фармации. Методические рекомендации.

ГОСТ 52249-2009 (GMP) «Правила производства и контроля качества лекарственных средств»

ISO 7888-85 «Water quality. Specific conductance measurement»

ФС 42-2619-97 – фармакопейная статья «Вода очищенная».

ФС 42-2620-97 – фармакопейная статья «Вода для инъекций».

Итак, что бы перейти на замкнутый водооборот необходимо использовать атмосферные осадки. Замкнутым водооборотом является такая система водоснабжения и водоотведения предприятия, при которой с территории предприятия сточные воды не отводятся: $V_k=0$. Таким образом, из уравнения 1, получаем, что $V_{в} + V_{ао} - V_{г} = 0$ или $V_{в} = V_{гп} - V_{ао}$ при условии $V_{ао} = V_{гп}$, следует, что $V_{в} = 0$ – водооборот не нужен. При $V_{ао} > V_{гп}$, надо найти применение «лишним атмосферным осадкам», при $V_{ао} < V_{гп}$ необходим водооборот.

Человечество с давних времен использует атмосферные осадки. Первое упоминание о сборе дождевой воды датировано 1700 г до н. э. На острове Крит археологи обнаружили сложные системы сбора дождевой воды. [8] Так же находки свидетельствуют об использовании системы сбора воды в Индии, где для хранения использовались емкости, врытые в землю. [9]

Но наибольшего успеха в деле сбора дождевой воды достигли римские инженеры. Достаточно вспомнить грандиозные римские акведуки призванные собирать и доставлять воду в различные районы Рима. А Византия сделал мощный скачок в сборе дождевой воды – централизованный сбор дождевых вод. Для этих целей использовались подземные емкости. Они размещены в европейской части Стамбула. Самыми большими из них являются резервуар, построенный при Юстиниане (527-565 нашей эры) он имеет размеры 140 на 70 метров. Он может хранить 80 000 м³ воды. Другой резервуар в Стамбуле объемом 50 000 м³ датируется историками 300 годом н.

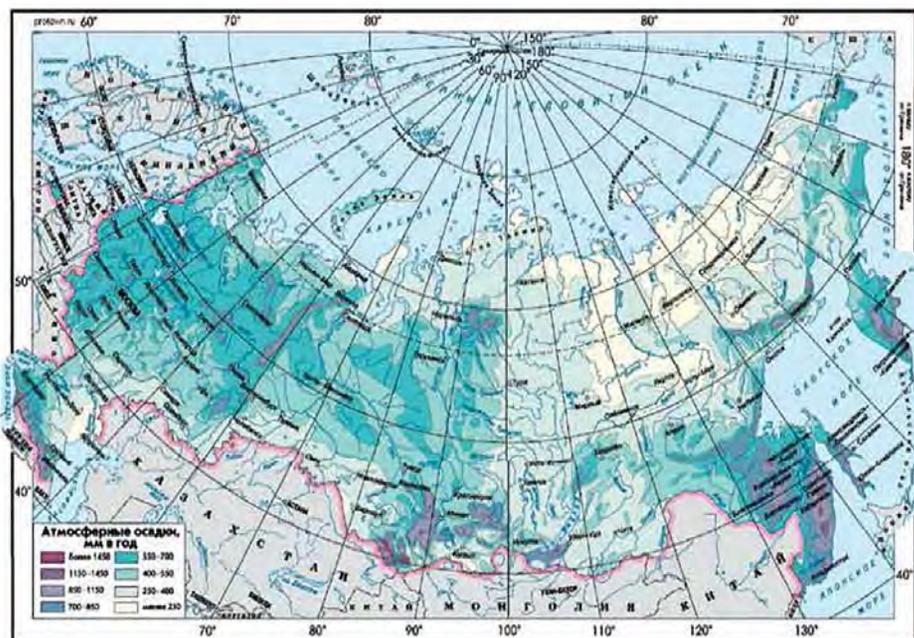


Рис 2. Распределение осадков по России.

э. Но технология централизованного сбора не получила широкого применения ввиду больших расходов на ее строительство и боязни развития эпидемий вследствие загрязнения вод. [10] Дальнейшее развитие технологий сбора атмосферных осадков можно отнести уже к 20 веку. С появлением мощных производств и ужесточением природоохранного законодательства стала очевидной рентабельность использования этого источника пресной воды.

Уже сейчас атмосферные осадки широко используются развитыми странами для экономии водных ресурсов. В странах и регионах (к примеру, США – Техас, Калифорния, Аризона) с засушливым климатом широко распространено использование дождевого сбора, для бытовых нужд. [11] Эти начинания активно субсидируются

государством. В европейских странах (Германия, Франция, Великобритания) дождевая вода используется для экономии ресурсов пресной воды как альтернативный источник водоснабжения наряду с традиционными. [12] В России так же рассматривается перспектива использования дождевой воды и возможные схемы ее применения. [13]

Такие компании, как Rikutec, Intewa, Graf, Willo, Wisy [14-18] предлагают сравнительно легкий и удобный монтаж подобной системы для частного и промышленного водопользования.

Говоря об использовании дождевой воды необходимо сказать о ее качестве и количестве. Подходит ли данная вода для нужд фармации? Сколько атмосферных осадков в среднем выпадает на территории России?

Если говорить о количестве осадков на, то на рис. 2, в таблицах 1 и 2

Таблица.1 Осадки Москвы и Московской области (мм)

| Месяц | Норма мм/месяц | Месячный минимум | Месячный максимум | Суточный максимум |
|----------|----------------|------------------|-------------------|-------------------|
| январь | 46 | 5 (1972) | 98 (2005) | 20 (1965) |
| февраль | 36 | 2 (1984) | 94 (1966) | 36 (1966) |
| март | 33 | 6 (1986) | 88 (1966) | 22 (1966) |
| апрель | 38 | 8 (1960) | 98 (1986) | 30 (1965) |
| май | 52 | 7 (1986) | 120 (1976) | 39 (1976) |
| июнь | 84 | 4 (1951) | 162 (1991) | 63 (1970) |
| июль | 90 | 6 (1997) | 180 (2008) | 62 (1981) |
| август | 80 | 20 (1955) | 163 (1973) | 59 (2003) |
| сентябрь | 67 | 12 (2005) | 131 (1996) | 49 (2004) |
| октябрь | 66 | 0.5 (1987) | 166 (1997) | 41 (2009) |
| ноябрь | 60 | 4 (1993) | 140 (1977) | 30 (1967) |
| декабрь | 53 | 13 (1953) | 112 (1981) | 23 (1981) |
| год | 705 | 397 (1964) | 882 (1998) | 63 (1970) |

| ВИД осадков | янв | фев | мар | апр | май | июн | июл | авг | сен | окт | ноя | дек | год |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| твердые | 18 | 15 | 9 | 1 | 0.1 | 0 | 0 | 0 | 0.1 | 2 | 10 | 17 | 72 |
| смешанные | 7 | 5 | 7 | 5 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 4 | 8 | 8 | 45 |
| жидкие | 0.8 | 0.7 | 3 | 9 | 13 | 14 | 15 | 15 | 15 | 12 | 6 | 2 | 106 |

Таблица 2. Число дней с твердыми, жидкими и смешанными осадками

представлены нормы осадков для России, Москвы и Московского региона и число дней с твердыми, жидкими и смешанными осадками [19]. Согласно представленным данным в Московском регионе можно собирать 700-800 мм дождевой воды на 1 м² поверхности в год.

Данные мониторинга атмосферных осадков приведенные в Таблице 3 [20] показывают, что электропроводимость осадков значительно ниже электропроводимости артезианской и водопроводной воды. И что, ее легче довести до требований фармакопейных статей ФС 42-2619-97 и ФС 42-2620-97.

Наиболее распространены два источника водоснабжения фармпредприятия:

водопровод, подведенный к зданию;

подача воды из скважины или с поверхностных источников.

В свою очередь поверхностными источниками могут быть вода водных бассейнов и рек (традиционный сбор воды) или дождевые воды. Дождевую воду собирают с крыш существующих зданий в накопительные баки. Естественно от выбора метода сбора дождевой воды будет зависеть ее качество.

Вода, добываемая из артезианских скважин, содержит определенное количество растворенных минеральных солей (состав и концентрация которых зависит от геологического региона). Эти соли содержат заряженные ионы, и их общее количество обычно выражают в терминах общего соле-

держания. В противоположность ей, поверхностная вода содержит значительно меньшее количество растворенных солей, однако в большей степени загрязнена взвешенными частицами, растворенными органическими веществами (в зависимости от сезона) и биологическими организмами. Так удельная электропроводность воды из скважины может колебаться от 800 мкСм/см до 2000 мкСм/см, поверхностных источников – от 30 мкСм/см до 1500 мкСм/см. Электропроводимость же дождевой воды колеблется в пределах от 20 мкСм/см до 120 мкСм/см. [21].

В фармацевтическом производстве используется 3 типа воды: очищенная, высокоочищенная и вода для инъекций. Кроме того используется водопроводная вода для хозяйственно бытовых целей. [21, 7] Причем поступающая на производство вода сначала очищается до воды очищенной, а затем до воды для инъекций. Основным методом получения воды «очищенной», как правило, является двойной обратный осмос. При подаче на установку обратного осмоса воды с удельной электропроводностью 400-600 мкСм/см, для получения очищенной воды в количестве 2 м³/час в установку необходимо подать 6 м³/час воды, при этом образуется 4 м³/час стоков. Если же использовать дождевую воду, у которой показатели удельной электропроводности 20-120 мкСм/см, то в установку необходимо подавать 3 м³/час, из которых в слив уйдет 1 м³/час (данные представлены ЗАО «МТП») [21]. Перед подачей на уста-

новку обратного осмоса вода должна быть предварительно подготовлена (умягчена, обеззаражена и др.). При этом оборудование, используемое для подготовки воды, зависит от источника ее получения.

Так при использовании воды из скважины или из существующего водопровода для предварительной очистки, как правило, используют аэрационную колонну, песочный фильтр, обезжелезиватель, умягчитель, угольный фильтр и ультрафиолетовый стерилизатор (конкретный набор оборудования определяется химическим составом исходной воды). В то же время для предварительной очистки дождевой воды, возможно, использовать только мешочный и угольный фильтр, а также установку биологического обеззараживания (хлорирование, озонирование, ультрафиолетовый стерилизатор). Таким образом, использование атмосферных осадков позволит снизить себестоимость получаемой воды за счет упрощения схемы очистки и уменьшения количества используемого оборудования.

В примере 1,2 приведен примерный расчет экономии при использовании различных систем водоподготовки и водозабора. При сравнении классической системы и системы с использованием атмосферных осадков, очевидно, что водозабор и водосброс существенно снижаются и, как следствие, снижается и плата за использование водных ресурсов.

Решить задачу замкнутого водооборота можно не только сокращая водопотребление, но и повторно используя сточные воды. Это возможно только решив проблему канализации, т.е. свести V_{кв} = 0. На предприятии организуется три различных вида канализации:

Бытовая канализация (зависит от количества персонала, при норме расхода 200-250 л/чел в день)

■ Ливневая канализация (зависит от площади предприятия и нормы осадков)

■ Спецканализация (зависит от типа производства):

Таблица 3 Средневзвешенные концентрации ионов в осадках по регионам (ЕТР – европейская территория России, q – количество осадков, – электропроводимость)

| Регион | q, мм | SO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ | NO ₃ ⁻ | HCO ₃ ⁻ | NH ₄ ⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Zn ²⁺ | PH | χ мкСм/см |
|--------------------------|--------|-------------------------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|-----|-----------|
| | | мг/л | | | | | | | | | | | |
| Север и северо-запад ЕТР | 609,2 | 2,5 | 1,9 | 1,8 | 4,9 | 0,4 | 1,2 | 0,6 | 1,5 | 0,6 | 0,3 | | 32,3 |
| Цент ЕТР | 555,4 | 4,6 | 1,8 | 3,0 | 14,9 | 1,1 | 1,2 | 1,0 | 4,3 | 1,6 | 0,8 | 6,4 | 57,6 |
| Приволжье | 396,2 | 6,7 | 1,7 | 2,7 | 10,8 | 0,8 | 1,5 | 0,9 | 3,3 | 0,9 | 3,7 | 6,4 | 57,9 |
| Юг ЕТР | 400 | 3,0 | 2,3 | 2,5 | 3,7 | 0,4 | 1,54 | 0,4 | 1,8 | 0,4 | 0,1 | 6,2 | 53,9 |
| Предгорья Кавказа | 1518,3 | 1,1 | 0,6 | 1,2 | 4,5 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 1,3 | 0,2 | 0,1 | 6,5 | 29,1 |
| Север и центр Сибири | 399,8 | 7,9 | 5,0 | 1,2 | 9,4 | 1,0 | 2,2 | 0,9 | 1,9 | 2,1 | 0,2 | 6,4 | 61,7 |
| Юг Сибири | 484,7 | 4,9 | 1,3 | 1,7 | 8,3 | 0,8 | 1,0 | 0,6 | 2,0 | 1,2 | | 6,4 | 46,4 |
| Забайкалье | 314,2 | 4,1 | 1,3 | 1,7 | 6,9 | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 1,6 | 1,1 | | 6,3 | 47,1 |
| Дальний Восток | 783,2 | 3,7 | 2,6 | 1,0 | 1,8 | 0,5 | 1,6 | 0,3 | 1,2 | 1,4 | 0,2 | 5,7 | 34,4 |

| | Традиционная схема без использования дождевых вод м ³ /год | С использованием дождевых вод м ³ /год |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Водозабор | | |
| Артезианская скважина | 26 000 | 12 000 |
| Атмосферные осадки | --- | 4 800 |
| Потребление воды | | |
| Производственные нужды | 18 400 | 9 200 |
| Из них вода в продукт | 1 000 | 1 000 |
| Бытовые нужды | 7 600 | 7 600 |
| Канализация | | |
| Ливневая | 4 800 | --- |
| Бытовая | 7 600 | 7 600 |
| Специализированная | 17 400 | 8 200 |
| Итого | 29 800 | 15 800 |
| Стоимость водозабора/ водоотведения | 598 000 / 506 600 руб. | 267 000 / 268 600 руб. |
| Расход NaCl на регенерацию ионообменника | 25,78 т/год | 11,9 т/год |
| Стоимость NaCl (22 руб/кг) | 501 160 руб. | 261 800 руб. |
| Итого | 1 605 760 руб. | 797 400 руб. |

| | Традиционная схема без использования дождевых вод м ³ /год | С использованием дождевых вод м ³ /год |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Водозабор | | |
| Артезианская скважина | 22 900 | 12 160 |
| Атмосферные осадки | --- | 5 040 |
| Потребление воды | | |
| Производственные нужды | 21 900 | 16 200 |
| Из них вода в продукт | 13 500 | 13 500 |
| Бытовые нужды | 1 000 | 1 000 |
| Канализация | | |
| Ливневая | 5 040 | --- |
| Бытовая | 1 000 | 1 000 |
| Специализированная | 8 400 | 2 700 |
| Итого | 14 440 | 3 600 |
| Стоимость водозабора/ водоотведения | 526 700 / 244 800 руб. | 279 680 / 61 200 руб. |
| Расход NaCl на регенерацию ионообменника | 22,7 т/год | 12,05 т/год |
| Стоимость NaCl (22 руб/кг) | 499 400 руб. | 265 100 руб. |
| Итого | 1 270 900 руб. | 601 980 руб. |

Таблица 3. Средневзвешенные концентрации ионов в осадках по регионам (ЕТР – европейская территория России, q – количество осадков, – электропроводимость)

Пример 2. Завод инъекционных препаратов «Статус» г. Казань. (режим работы 250 дней в году по 18 часов)

- Биотехнологическое (продукты микробиологического синтеза)
- Химический синтез (содержит растворители)
- Радиофармацевтическое (содержит радиоактивные ионы и нормируется по особым требованиям)
- АФС неорганической природы (содержит неорганические вещества)
 - Сильнодействующие АФС (содержит гормоны, аллергены и т. д.)
 - Производство мазей и свечей (содержит жиры, масла, эмульгаторы)
 - Дезинфицирующие средства и антибиотики (угнетают действие на активный ил)

- Высокмолекулярные соединения (ВМС) (содержат поливинилпирролидон (ПВП), полиэтиленгликоли (ПЭГ) и др.)
- Если для бытовой и ливневой канализации отработаны стандартные решения, то спецканализация должна учитывать особенности конкретного производства. Этой проблеме будет посвящена отдельная статья, в этой же мы в первую очередь рассматриваем сокращение водопотребления за счет использования атмосферных осадков.

Выводы:

- В статье сформулированы подходы к решению проблемы замкнутого водооборота фармпредприятий.
- Рассмотрена возможность использования дождевой воды как источника водоснабжения предприятия
- Рассмотрен вопрос сточных вод фармпредприятий.
- Приведены практические примеры использования изложенных в статье подходов для действующих и вновь проектируемых фармпредприятий.

Список литературы.

Проектирование современного фармзавода // Медицинский бизнес – 2010г, №8; ГОСТ 19179-73 – «Гидрология суши. Термины и определения». ГОСТ 30813-2002 – «Вода. Термины и определения»; ГОСТ 17.1.1.01-77 – «Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Термины и определения»; ГОСТ 25150-82 – «Канализация. Термины и определения»; ГОСТ 19185-73 73 – «Гидрология суши. Основные понятия». СанПиН 2.1.4.1074-01 – «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»; Narpal Singh Rathor, A Historical Perspective of the Development of Rain Water Harvesting Techniques in the Mewar Region, Udaipur, Rajasthan, India, International Journal of Water Resources and Arid Environments 1(4): 285-294, 2011; <http://ces.iisc.ernet.in/>; <http://www.ran-barrel.net/>; Dr. Hari J. Krihna, P.E. The Texas manual on rainwater harvesting, Third edition, 2005, Austin, Texas; <http://www.ukrha.org/>; Bye-laws of the UK rainwater harvesting association. As ratified by the council of full members on 22 April 2009; А. Григорьев, Использование дождевых вод в автономных системах водоснабжения // АКВAmagazine – 2006г, №1.; <http://www.rikutec.de/>; <http://www.intewa.de/1/home/>; <http://www.graf-water.com/>; <http://www.wilo.co.uk/>; <http://www.wisy.de/eng/products.htm>; <http://pogoda.ru.net/climate/27612.htm>; Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – Отчет 2010 год.; Федеральная служба по надзору в сфере здравоохранения и социального развития «Руководство по качеству воды для применения в фармации. Методические рекомендации», Москва, 2009 г.; ЗАО «Мембранная техника и технология» <http://www.mtt-filter.ru/>