

## ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИ РЕШЕНИЯ ЗА ПРЕЧИСТВАНЕ НА ЗАМЪРСЕНА ВОДА

Полина Градинарова, Радостин Долчинков, Силвия Лецковска,  
Камен Сейменлийски  
*Бургаски свободен университет*

## ENGINEERING - TECHNICAL SOLUTIONS FOR PURIFICATION OF CONTAMINATED WATER

Polina Gradinarova, Radostin Dolchinkov, Silviya Letskovska,  
Kamen Seymenliyski  
*Burgas Free University*

**Резюме:** През последните години значително се увеличава броя на природните, политическите, военните, а в следствие на това и социалните кризи в световен мащаб. Необходимостта от евакуация на големи групи от хора при такива кризи поражда и необходимостта от своевременната доставка на вода за битови нужди от близък водоизточник. Източник на такава вода може да бъде близко море, езеро или река. За да бъде годна за използване, тази вода трябва да бъде пречистена до постигане на необходимите технологични показатели.

В статията се представя последователността на основните методи и технологии за пречистване и обезсоляване на вода. Въвеждане, модернизирани и нови решения към изградена и работеща система. Нови перспективите свързани с използването на комбинирани технологии за пречистване обезсоляване на морска вода.

**Ключови думи:** морска вода, пречистване, обезсоляване, методи, перспективи.

**Abstract:** In recent years, the number of natural, political, military and, as a result, social crises has increased significantly worldwide. The need to evacuate large groups of people in such crises also creates the need for the timely supply of water for domestic needs from a nearby water source. The source of such water can be a nearby sea, lake or river. In order to be suitable for use, this water must be purified to reach the necessary technological indicators.

The article presents the sequence of the main methods and technologies for water purification and desalination. Introduction, modernization and new solutions to a built and working system. New perspectives related to the use of combined technologies for purification and desalination of sea water.

**Key words:** sea water, purification, desalination, methods, perspectives.

### Въведение

Водата важен ресурс и източник на здраве, храна, енергия и транспорт, покрива около 71% от повърхността на планетата Земя. Съсредоточена е главно в океани, морета, други водни басейни и обхваща около 97% солена морска вода, 2,4% сладководна в ледниците, а 0,6% в реки и езера.

В световен мащаб се очертава значително намаляване на количеството на сладки питейни води, поради всеобщо замърсяване. Нарастват призивите за опазване на околната среда и водите, което налага необходимостта от търсене на различни методи, технологии и нови решения за нейното обезсоляване и пречистване. В тази връзка се търсят нови инженерно-технически решения за получаване на сладка питейна вода, за пречистване на замърсена вода, приложение на ВЕИ и други иновативни решения.

### **I. Приложение на мобилни станции за пречистване и обезсоляване в полза на обществото.**

Осигурява мобилност, бързина, компактност, надеждност. За пречистването на природните води се прилагат различни технологични решения. Определят се в зависимост от видана замърсителите, степента на дисперсност – суспендирани частици, специфичното състояние на частиците-колоиди, молекулярно разтворени вещества, йони, патогенни микроорганизми и др. [1, 2, 3, 4, 5]

Реализираните технологични решения за пречистване на суровата вода в пречиствателните станции, трябва да осигуряват необходимото качество на питейна вода в съответствие с изискванията на нормативно-техническата документация. Високото съдържание на соли прави морската вода негодна за пиене и използването ѝ за редица други технологични нужди. Обезсоляването представлява премахване на част от разтворените в нея соли до нива, при които тя става пригодна за пиене, за битови и технически цели. Основните технологии за обезсоляване на морска вода са базирани на термични или на мембранни процеси. Към термичните методи се отнася дестилацията (изпарението), към мембранните методи се отнасят обратната осмоза. Други процеси са свързани с йонообмен, електродиализа, замразяване, хидродинамично отделяне (сепариране) и т.н. Въз основа на тези технологии се изграждат модерни мобилни станции за производство и за целите на битовото, промишленото и селскостопанското водоснабдяване. Разпределението на използване на различните технологии в световен мащаб е следното: 71.5% от обезсолените води са получени чрез процеси на дестилация, 19% при обратна осмоза, 9.4% при електродиализа и 0.1% при замразяване и йонообмен [6, 7, 8].

### **II. Въвеждане в експлоатация**

За да бъде въведена в експлоатация една такава система трябва да бъдат изпълнени следните технологични етапи:

1. Захранване на системата
2. Хидравлични връзки
3. Пред експлоатационни проверки
4. Стартиране
  - Пред експлоатационни проверки
  - Активиране на помпи на дозиране
  - Стартиране на рН/ORP (окс-ред процес)
5. Запазване на мембраните

#### **1. Захранване на системата**

Автономно-дизелов генератор, инсталиран както в едно и също помещение, така и в отделна стая. Генераторът осигурява работа на системата при максимално натоварване и допълнително осветление с напрежение 230/400 V AC 50 Hz.

- ▶ Външно – източник с напрежение 230/400 V AC 50 Hz.

Системата е оборудвана с механична и електрическа защита при преход от автоматично към външно захранване и обратно. Осигурява леснота, бързина и цетова сигнализация при избор.

## 2. Хидравлични връзки

Концентрат/ солен воден разтвор от мембраните за Обратна Осмоза (RO);  
Питателна вода;  
Продуктова вода;  
Дренажна вода от дискови филтри и мембраните за Ултрафилтрация (UF);  
Въздушен дренаж.

## 3. Пред експлоатационни проверки

- ▶ Въздушен компресор – зареден, за да осигури правилно функциониране на клапаните – ръчно задействане;
- ▶ Химически реагенти – добавят се към пермеатна вода съгласно концентрацията посочено върху резервоара за химикали;
- ▶ Инсталиране на рН и ORP – трансмитер.

## 4. Стартиране

Пред експлоатационни проверки- запълнена тръбопроводна система (при висока концентрация на разтворени соли на суровата вода се активира системата за обратна осмоза – RO). Изискване за изцяло запълнена тръбопроводна система, като първата произведена вода да бъде дренирана (източена) от резервоара за краен продукт. Времетраене е около 20-30 мин, в зависимост от изменението на качеството на продукто-вата вода във времето.

Активиране на помпите за дозиране-всички дозираци помпи да са в изправност и правилно свързани в електрическата кутия, където са инсталирани. Проверка на пропорционалния потенциометър съгласно предоставените технологични схеми.

Стартиране на рН/ORP- възможно е стойностите за рН/ORP (редокспотенциал) при стартиране на работа да достигнат по-високи стойности, от определените при програмирането, затова могат да се променят ръчно съгласно предоставен екран-компютър. На изход рН да е заема стойности от 6,5-11,0. След завършване на стартирането, може да се върнат фабричните данни.

## 5. Запазване на мембраните

- Добавяне на консервиращ разтвор –натриев бисулфит ( $\text{NaHSO}_3$ ). Спазва се процедурата за точна концентрация, количество, и разреждане с питейна вода без хлор до марката.
- ▶ Пълнене на резервоара за обратна промивка на системата за ултрафилтрация и резервоара за промивка на системата за RO.
- ▶ Системата трябва да работи до запълване на посочените резервоари показвани на компютъра.

Блок схема 1 представлява пътят по който минава водата и последователността на основните компоненти, които са описани последователно в следния ред:

Етап 1. Постъпване на замърсената вода/солена вода →

Етап 2. Механично пречистване с дискови филтри →

Етап 3. Дозиране на химически реагенти за поддържане на физико-химичните стойности на водата и запазване на мембраните →

Етап 4. Ултрафилтрация на водата →

Етап 5. Обратна осмоза – същинско пречистване/ обезсоляване →

Етап 6. Получаване на пречистена/обезсолена вода.

### БЛОК - СХЕМА 1



Фиг. 1. Пътят по който минава водата



а/Дискови филтри б/Ултрафилтрация в/ Обратна осмоза г/ UV-реактор

Фиг. 2. Последователността на основните компоненти

### III. Задължителни компоненти в инсталацията AZUD WATERTECH DW DUOX

#### 1. Дискови филтри

- ▶ Това оборудване за филтриране разделя на отложените във водата твърди частици с размер по-голям от 100 микрона. Инсталацията е оборудвана с автоматично обратно промиване.

#### 2. Ултрафилтрация:

- ▶ Кухи влакнести мембрани с размер на порите по-голям от 0.03 микрона отстраняват отложените във водата твърди частици, мътността и патогенни микроорганизми във водата.

### 3. Обратна осмоза:

- ▶ Отстраняване на разтворените във водата твърди частици, чрез скрининг ( $<0.0001 \mu\text{m}$ ) и чрез разваряне-дифузия. Прилагане на налягане към концентриран солен разтвор в контакт с полупропусклива мембрана от полиамид с цел обръщане на естествения процес на осмоза за получаване на солена вода без примеси (пермеат). Едновременно с това, се получава и изхвърляне на солен разтвор с висока концентрация на соли. Мембраните за ОО (RO) са поместени в съдове под налягане от FRP (армирана влакнеста пластмаса), свързани един към друг, в зависимост от изискванията на системата, като стъпала или степени.

### 4. UV реактор:

- ▶ Премахване на патогени и микроорганизми като протозои (едноклетъчни организми), бактерии и вируси. UV система за дезинфекция прехвърля електромагнитни вълни от една лампа с живачни пари към материала от организми (ДНК или РНК), които унищожават тяхната репродуктивна способност.

## IV. Технология на процеса

1. **Механично пречистване** (физично, първично). Включват **дискови филтри**. Филтърните слоеве се явяват механично, физикохимично или биологично вторично пречистване за извличане на замърсяващите вещества водата. Естественото самопречистване на водата от органични съединения се осъществява чрез биоокисление с филтриращи материали, имащи различен химичен състав. По този начин максимално се намалява използването на химични реагенти и щадене на мембраните в последващия технологичен етап. Прилагат се за отделяна на грубите вещества – чрез прецеждане, утаяване и филтруване. Прецеждането се прави чрез поставянето на решетки и сита. По този начин се отстраняват едрите неразтворени вещества. Използва се също като метод за задържане на ценни материали, които могат да се използват повторно в производството. Грубото почистване е винаги на изхода. Решетките обикновено се поставят на входа на пречиствателната станция. Изпълняват роля на утаители, мазнозадържатели, маслосзадържатели, нефтозадържатели и самоуловители.

2. **Ултрафилтрацията** в основата си прилича на обратната осмоза, но мембраната има много голям размер на порите (0.002-0.03) микрона и работи с по-ниско налягане. Ултрафилтрационната мембрана задържа органичните молекули с молекулно тегло повече от 800 и обикновено работи при налягане по-малко от 5 бара. Суровата вода подавана към мембраните за ултрафилтрация обикновено съдържа също отложени във водата твърди частици, като например органични вещества, колоидни частици, микроорганизми и други замърсители. Тогава се получава натрупване на частици и това се отразява на елементите и мембраните. Симптомите за натрупване на частици не винаги са веднага забележими. Натрупване на частици обикновено се проявява като загуби на качеството на продукта, намаляване на дебита или когато налягането през мембраните. Предварителна обработка на подаваната вода преди процеса на ултрафилтрация (UF) е предназначена да намали замърсяването на повърхностите на мембраната. Това се постига чрез инсталиране на достатъчен брой конструктивни сита и процеси на избистряне/окисляване, с цел реализация на приложенията на подаваната вода.

Натрупване на частици по мембраната обикновено се характеризира с едно или комбинация от следните:

- Натрупване на неорганични частици/ Образуване на налип
- Натрупване на частици / Колоидно замърсяване
- Микроби / Биологично замърсяване
- Натрупване на органични частици

Посочените по-горе видове на замърсяване на мембраната са резултат на множество причини при проектирането и експлоатацията на системата за ултрафилтрация: Промени в състава на подаваната вода, например, органични частици, твърди частици или недостатъчно добре проектирана система за предварителна обработка, например, избор на сита (филтри), пренос. Липса на системи за дозиране на химикали. Неправилен оперативен контрол. Бавно образуване на утайки в течение на продължителни периоди. Сезонно цъфтене на водорасли. Неадекватно обратно промиване и химически подобрени програми за обратно промиване. Неправилно изключване и процедури за консервиране. Неправилен избор на материали (помпи, тръбопроводи и т.н.).

3. Системата за **обратна осмоза** получава на изхода поток с подготвена (питейна) вода и относително концентриран отработен поток. Типичното работно налягане е 10-50 бара, в зависимост от приложението. Обратната осмоза отклонява моновалентни йони и органичните молекули с молекулно тегло повече от 50 (размер на порите на мембраната по-малки от 0.002мм). Най-разпространеното приложение на обратната осмоза – обезсоляване на солената и морската вода. Повърхността на мембраната за обратна осмоза е обект на замърсяване от чужди материали, които могат да се съдържат в подаваната вода, като хидрати на метални окиси, калциеви утайки, органични и биологични материали, които могат да повлияят на елементите, които формират тази мембрана.

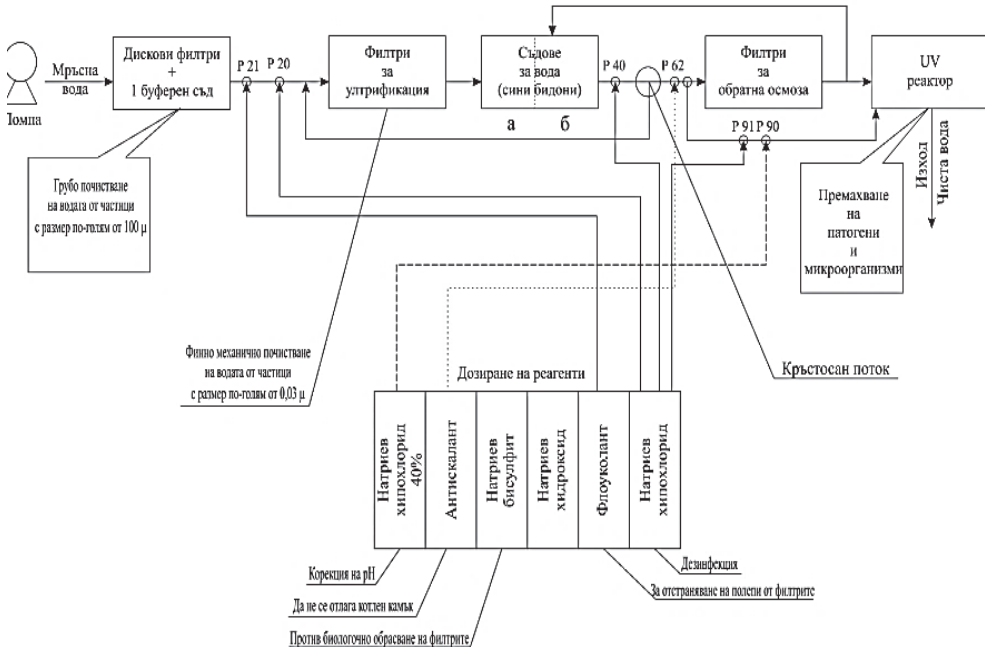
Освен това, йоните, разтворени в системата генерират опасност от образуване на налип (корички) от соли.

Неадекватна система за предварително третиране или дозиране на реактивите, грешно регулиране на преобразуването на инсталацията или неоткрити промени в качеството на подаваната вода, ускоряват процесите на замърсяване на мембраните и могат да намалят експлоатационните показатели на мембраната.

Натрупването на частици по повърхностите на мембраните, не винаги може пряко да бъде открито, защото може да се проявява като; загуба на качество на водния пермеат, намаляване на производствените нива или повишаване на работното налягане. При промяна на стандартните работни параметри в коя да е точка от хода на процеса, на диференциалното налягане, на дебита на пермеата и преминаването на солта; трябва възможно най-скоро да се програмира почистване, за да се възстанови първоначалното положение на инсталацията. Обикновено почистване трябва да се направи, когато стандартния експлоатационен параметър варира с около 10-15%. Ако почистването се отлага твърде дълго, след откриването на тези симптоми, може да се стигне до необратима степен на замърсяване или до повреда в структурата на мембраната. Във всички случаи, спецификациите на производителя трябва винаги да бъдат следвани. Профилактично почистване трябва да се прави веднъж годишно, дори и без замърсяване.

4. **UV реактор** – лъчево въздействие. Основните необходими съоръжения са – източници на UV лъчи (UV лампи), източници на гама лъчи (радиоактивни изотопи) и камери за облъчване.

## БЛОК - СХЕМА 2



Фиг. 3. Химични реагенти участващи в процеса

Блок схема 2 с включени химически реагенти има следния ред:

Етап 1. Помпа засмукваща вода.

Етап 2. Постъпване на замърсената вода/солена вода към механично пречистване с дисковите филтри за грубо пречистване на водата от частици с размер по-голям от 100μ →

Етап 3. Флоуколанти отстраняващи полепи и първа дезинфекция на водата с натриев хипохлорид. Автоматично впръскване на химически реагенти за поддържане на физико-химичните стойности на водата и запазване на мембраните →

Етап 4. Ултрафилтрация на водата за фино механично пречистване на водата от частици с размер по-голям от 0,03μ →

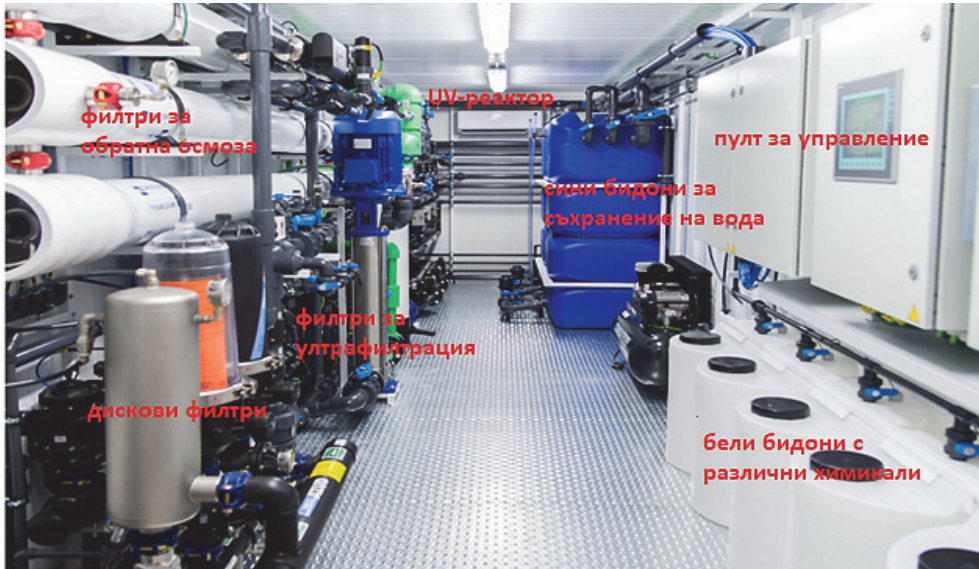
Етап 5. Последователно постъпване на водата в съдове за вода/ сини бидони и последващо встъпване на химически реагенти за корекция на рН, Антискаланти – против образуване на котлен камък, натриев бисулфит – против биологично обрасване на филтрите, и нова дезинфекция на водата с натриев хипохлорид.

Етап 6. Обратна осмоза – същинско пречистване/ обезсоляване →

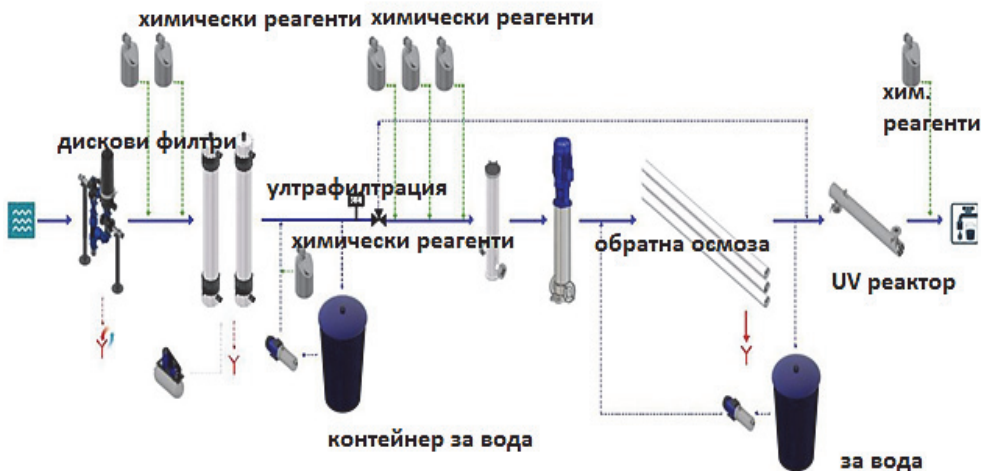
Етап 7. Постъпване на водата в UV- реактор за премахване на различни патогени и микроорганизми.

Етап 8. Получаване на пречистена/обезсолена вода готова за консумация.





Фиг. 4. Изглед от вътре на контейнер AZUD WATERTECH DW DUOX



Фиг. 5. Технологична схема

Обяснение на технологичната схема:

- Етап 1. Помпа засмуква вода.
- Етап 2. Постъпване на замърсената вода/солена вода към механично пречистване с дисквите филтри за грубо пречистване на водата от частици с размер по-голям от 100µ. Филтърните слоеве се прилагат за отделяна на грубите вещества – чрез прецеждане, утаяване и филтруване. Прецеждането се прави



чрез поставянето на решетки и сита. По този начин се отстраняват едрите неразтворени вещества. Решетките обикновено се поставят на входа на пречиствателната станция. Изпълняват роля на утаители, мазнинозадържатели, маслозадържатели, нефтозадържатели и самоуловители. Инсталацията е оборудвана с автоматично обратно промиване.

- Етап 3. Следва автоматично впръскване на химически реагенти за поддържане на физико-химичните стойности на водата и запазване на мембраните – флоуколант отстраняващи полепи и първа дезинфекция на водата с натриев хипохлорид.
- Етап 4. Ултрафилтрация на водата. Ултрафилтрацията в основата си прилича на обратната осмоза, но мембраната има много голям размер на порите (0.002-0.03) микрона и работи с по-ниско налягане. Предварителна обработка на подаваната вода преди процеса на ултрафилтрация (UF) е предназначена да намали замърсяването на повърхностите на мембраната. Това се постига чрез инсталиране на достатъчен брой конструктивни сита и процеси на избистряне/окисляване, с цел реализация на приложенията на подаваната вода. Процеса приключва с последователно постъпване на водата в съдове за вода/ сини бидони – фиг. 4/ и последващо встъпване на химически реагенти за корекция на рН, Антискаланти – против образуване на котлен камък, натриев бисулфит – против биологично обрасване на филтрите, и нова дезинфекция на водата с натриев хипохлорид – бели бидони за различни химикали, фиг. 4.
- Етап 5. Обратна осмоза – същинско пречистване/ обезсоляване. Отстраняване на разтворените във водата твърди частици, чрез скрининг (<0.0001  $\mu\text{m}$ ) и чрез разтваряне-дифузия. Прилагане на налягане към концентриран солен разтвор в контакт с полупропусклива мембрана от полиамид с цел обръщане на естествения процес на осмоза за получаване на солена вода без примеси (пермеат). Едновременно с това, се получава и изхвърляне на солен разтвор с висока концентрация на соли. Мембраните за ОО (RO) са поместени в съдове под налягане от FRP (армирана влакнеста пластмаса) – фиг. 4., свързани един към друг, в зависимост от изискванията на системата, като стъпала или степени. Най-разпространеното приложение на обратната осмоза – обезсоляване на солената и морската вода.
- Етап 6. Постъпване на водата в UV- реактор за премахване на различни патогени и микроорганизми като протозои (едноклетъчни организми), бактерии и вируси – фиг. 4. UV система за дезинфекция прехвърля електромагнитни вълни от една лампа с живачни пари към материала от организми (ДНК или РНК), които унищожават тяхната репродуктивна способност. Основните съоръжения са – източници на UV лъчи (UV лампи), източници на гама лъчи (радиоактивни изотопи) и камери за облъчване.
- Етап 7. Получаване на пречистена/обезсолена вода готова за консумация

## V. Значимост на пречистването и обезсоляването

Правилното управление на морските ресурси ще допринесе повече ползи на обществото. Обезсолената вода отговаря на всички качества на сладката вода, дори превъзхожда стандартите за качество на водата. В този контекст възползвайки се от ресурсите на Черно море произведената допълнителна вода ще окаже влияние както върху флората, така и върху фауната на Земята. Водата като възобновяем източник

заема важно място от гледна точка на ползите, които може да допринесе в ежедневието при правилно управление на морските ресурси [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15].

- Производство на питейна вода;
- Рециклиране на отпадни води;
- Рециклиране на дъждовни води;
- Използване за нуждите на селското стопанство;
- Използване за нуждите в строителството;
- Използване за нуждите на градската среда;
- За нуждите в промишлеността;
- За нуждите в пожарната;
- За поливане;
- За охлаждане в енергетиката;
- Производство на сол;
- и др.

Обобщавайки изложеното, може да се окаже, че комплексното използване на ресурсите на Черно море може да реши редица екологични проблеми на сегашното ниво на технологично развитие. Значението на водата е огромно както за опазването на сладководните екосистеми, така и за демографското и социално-икономическо развитие на Република България [16, 17, 18, 19].

## V. Използвана литература

1. Лазаров Д., Неорганична химия, Университетско издателство „Св. Климент Охридски“, 2014 Списание Инфрабилд – Строители списание за инфраструктурно строителство, година VI, брой 7, 2012
2. Fadi Alnaimat, James Klausner and Bobby Mathew, November 17th 2017 Reviewed: April 3rd 2018, Published: September 19th 2018, DOI: 10.5772/intechopen.76981
3. Himsar Ambarita, ScienceDirect, 2016, <http://dx.doi.org/10.1016/j.csite.2016.09.005>
4. Списание Екология и инфраструктура, Брой 2/2015
5. Mohammad RezaRahimpour, Nooshin Moradi Kazerooni, MahboubehParhoudeh, Current Trends and Future Developments on (Bio-) Membranes, Chapter 8 - Water Treatment by Renewable Energy-Driven Membrane Distillation, Renewable Energy Integrated with Membrane Operations, 2019, Pages 179-211
6. Akili D. Khawajia, Ibrahim K. Kutubkhanaha, Jong-Mihn Wie, Advances in seawater desalination technologies, Science direct, Desalination 221 (2008) 47–69
7. Menachem Elimelech and William A. Phillip, The Future of Seawater Desalination: Energy, Technology and the Environment, Vol. 333, Issue 6043, pp. 712-717, 2011
8. Kamen Seymenliysk, Silviya Letskovska, Eldar Zaerov, Radoslav Simionov, Stoyanka Mollova, Laboratory System For Monitoring And Forecasting The Parameters Of Sea Waves, ISBN 978-1-7281-4555-6, International conference on High Technology for Sustainable Development HiTECH 2019
9. Silviya Letskovska, Kamen Seymenliyski, Renewable Energy Sources and Pricing of Electrical Power, Journal of Energy and Power Engineering is published monthly in hard copy (ISSN1934-8975) and online (ISSN 1934-7367) by David Publishing Company, US, 2014; Volume 8, Number 5, May 2014(Serial Number 78), p. 896-902, Database of EBSCO Massachusetts USA; Google Scholar; CiteFactor (USA); Electronic Journals Library; Database of Cambridge Science Abstracts (CSA), USA

10. Радослав Симионов, Здравко Караджов – БЪДЕЩИ ПЕРСПЕКТИВИ ЗА РАЗВИТИЕ НА PV ЦЕНТРАЛИ В БЪЛГАРИЯ И ЕС – ПОЛИТИКА НА ЕВРОПЕЙСКИЯТ СЪЮЗ, БСУ - Годишник, Том XLI, 2020, ISSN: 1311-221X, стр. 86 – 93
11. Здравко Здравков Караджов, Радослав Русков Симионов – БЪДЕЩИ ПЕРСПЕКТИВИ ЗА РАЗВИТИЕ НА PV ЦЕНТРАЛИ В БЪЛГАРИЯ И ЕС – ТЕХНИЧЕСКИ ФАКТОРИ, БСУ - Годишник, Том XLI, 2020, ISSN: 1311-221X, стр. 368 – 375
12. Радослав Русков Симионов – ХИБРИДНИ МИКРО ВЕИ СИСТЕМИ, БСУ - Годишник, Том XLV, 2022, ISSN: 1311-221X, стр. 31 – 36
13. Хрусав Хрусаров, Радослав Симионов, Антон Василев – АКУМУЛИРАНЕ НА ЕНЕРГИЯ НА ВОДА ОТ ЧЕРНО МОРЕ, БСУ - Годишник, Том XLIII, 2021, ISSN: 1311-221X, стр. 267 – 274
14. Елдар Заеров, Никола Желязков, РАБОТЕН МАКЕТ НА ВЪЛНОВ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛ ЗА ДОБИВ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЯ ОТ ЧЕРНО МОРЕ, XXII Юбилейна конференция за СНТ БСУ - Годишник, Том XLIII, 2021, ISSN: 1311-221X, с.33-38
15. Елдар Заеров, ЕНЕРГИЯ НА МОРСКИТЕ ВЪЛНИ: КЛАСИФИКАЦИЯ НА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ И ВЪЗМОЖНОСТ ЗА ИЗПОЛЗВАНЕ В ЧЕРНО МОРЕ, XXI Конференция за СНТ БСУ - Годишник, Том XLI, 2020, ISSN: 1311-221X, с.28-35
16. Елдар Заеров, ПОВИШАВАНЕ НА ПРОИЗВОДИТЕЛНОСТТА НА СЛЪНЧЕВИ ПАНЕЛИ С ПЛОСКИ РЕФЛЕКТОРИ, INCREASE SOLAR PANEL PERFORMANCE WITH FLAT REFLECTORS, БСУ – ГОДИШНИК Том XLIV, 2021, с.290-296, ISSN: 1311-221X
17. Полина Градинарова, Елдар Заеров, ТЕОРЕТИЧЕН ХИБРИДЕН МОДЕЛ ЗА ДОБИВ НА СЛАДКА ЧЕРНОМОРСКА ВОДА, Съвременни управленски практики XI - БСУ, 2021 ИНТЕЛИГЕНТНА СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ В ДЕСЕТИЛЕТИЕТО НА СВЪРЗАНОСТТА И АВТОМАТИЗАЦИЯТА, ISSN: 1313-8758, с.465-474
18. Vasileva E., M. Matsankov, Defining the undelivered energy when exploitation of decentralized energy sources, ICTTE 2017, Yambol, ISSN 1314-9474
19. Matsankov M., M. Ivanova, Selection of optimal variant of hybrid system under conditions of uncertainty, The 2nd International Conference on Electrical Engineering and Green EnergyRoma, Italy, June 28-30, 2019