

ТЕОРЕТИЧЕН ХИБРИДЕН МОДЕЛ ЗА ДОБИВ НА СЛАДКА ЧЕРНОМОРСКА ВОДА

Полина Градинарова, Елдар Заеров
Бургаски свободен университет

THEORETICAL HYBRID MODEL FOR FRESH BLACK SEA WATER PRODUCTION

Polina Gradinarova, Eldar Zaerov
Burgas Free University, Bulgaria

***Abstract:** The main purpose of this report is to present a theoretical hybrid model for seawater desalination including a photovoltaic plant and salt pans as a source of seawater in a closed production cycle.*

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

Въведение

Черноморската вода е сложна смес съдържаща вода – 96,5%, соли – 2,5%, разтворени газове, както и вещества от органичен и неорганичен произход.

Най-разпространените йони на морската вода са: хлоридните (Cl^-), натриевите (Na^+), сулфатните (SO_4^{2-}), магнезиевите (Mg^{2+}), калциевите (Ca^{2+}) и калиевите (K^+). По тегло тези йони съставляват около 99% от всички морски соли, като количеството им в обем морска вода може да варира. Химическа характеристика на водата за съдържанието на сол в морска вода се определя от солеността (S) – количеството соли, съдържащо се в 1 m^3 вода, а солевото съдържание се изразява с мерната единица промил.

Солеността на черноморската вода в Бургаска област е 16000-18000 mg/l. Чрез обезсоляването на морска вода се постига сладка обезсолена вода и получаването на сол за хранителни и промишлени нужди.

I. Обзор на методите за обезсоляване на морска вода

Солеността на морската вода я определя като негодна за директна консумация. Чрез обезсоляването се постига използването и за различни технологични и битови нужди. Термичните (дестилацията, изпарението) и мембранните процеси (обратната осмоза) са базирани като основни технологии за обезсоляване на морска вода [1,2,3].

Други процеси са свързани с йонообмен, електродиализа, замразяване, хидродинамично отделяне (сепариране) и т.н Въз основа на тези технологии се изграждат централи за третиране на морската вода.

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.



1. Дестилация

Дестилационните процеси се основават на принципа, че при нагряване, до състояние на кипене, водата се превръща в летливо съединение, а солите ѝ не. Особено по тази технология е, че е енергоемка.

1.1 Метод на мембранна дестилация (Membrane Distillation, MD) – включва хидрофобна мембрана с определена големина на порите, от едната страна на която се загрява морската вода, докато другата страна остава студена. Температурната разлика между горещите и студените страни на мембраната причинява парното налягане на концентрирания разтвор да бъде по-високо от това на студената течност, в резултат на това, водата започва да се изпарява при горещата страна на мембраната, прониква през мембранните пори и след това кондензира в чиста вода.

MD системите могат да бъдат класифицирани в четири конфигурации, според характера на студената страна на мембраната:

- **Мембрана с директен контакт за дестилация (Direct Contact Membrane Distillation, DCMD)** – мембраната е в пряк контакт само с течни фази - солена вода от едната страна и прясна вода от другата. DCMD е най-широко използван метод за обезсоляване и концентриране на водни разтвори. При него както горещия разтвор, така и студения пермеат са в директен контакт с мембраната. Паровият път за дифузия е ограничен до порите на мембраната и следователно намалява съпротивлението на масата и топлообмена. Течният пермеат действа като охлаждаща течност и постоянно циркулира, за да се кондензират парите напълно в мембранный модул, където дестилатът се смесва с охлаждащата течност. Хидрофобността на мембраната възпрепятства проникването на кондензираната пара през мембранната матрица и поддържа състоянието течност-пара. Въпреки, че DCMD осигурява висок пермеатен поток, значително количество топлина се разсейва чрез проводимостта на мембранната матрица, поради непрекъснатия контакт между горещия и студения поток, поради което се проявява ниска ефективност;

- **Вакуумна мембранна дестилация (Vacuum membrane distillation, VMD).** Вакуумна мембранна дестилация (VMD) е сред най-благоприятните MD методи. Микропорестите хидрофобни мембрани се използват за отделяне на водния поток от газовата фаза, поддържана под вакуум. Изпарението на течния поток се извършва от едната страна на мембрана, а преносът на маса се осъществява през паровата фаза вътре в мембраната. Възстановяването на парите се извършва извън мембранный модул от външен кондензатор. Наличието на вакуум от страната на пермеата позволява по-голям градиент на парциалното налягане и налага допълнителна движеща сила на процеса, което от своя страна води до по-висока скорост на производство на дестилация в сравнение с другите методи на MD. VMD метода води до незначителни загуби от топлопроводност, което е предимство пред останалите методи. Използва се за отстраняване като за огранични, така и за летливи съединения от воден разтвор.

- **Мембранна дестилация на въздушна междина (Air gap membrane distillation, AGMD)** – поставя се въздушна междина между мембраната и кондензационната повърхност. AGMD въвежда запълнена с въздух кухина между мембраната и кондензационната повърхност, в който случай парите трябва да проникнат през дебелината на мембраната и допълнително през въздушната междина, преди да достигнат до студената повърхност. Въздушната междина действа като топлоизолационен слой между горещото подаване и охлаждащата повърхност, което води до значително намаляване на топлинните загуби чрез проводимост през мембраната. Това прави

AGMD като високо енергийно ефективен метод. Използва се за третиране на силно концентрирани солеви разтвори и за отстраняване на летливи съединения от водни разтвори;

- **Метеша газова мембрана дестилация (Sweeping Gas Membrane Distillation, SGMD)** – използва се инертен газ като носител за произведената пара. В SGMD инертният газ се използва за измиване на парите от страната на пермеатната мембрана, за да кондензира извън мембранный модул. Има газова бариера, както при AGMD, за намаляване на топлинните загуби; но това не е неподвижно, което повишава коефициента на пренос на маса. Тази конфигурация е полезна за отстраняване на летливи съединения от воден разтвор. Основният недостатък на тази конфигурация е, че малък обем пермеат се разпръсква в голям обем на почистващ газ, което изисква голям кондензатор.

Методите AGMD и SGMD могат да се комбинират в процес, наречен термостатична дестилация с метеорологична метла (**Thermostatic sweeping gas membrane distillation, TSGMD**). В този случай инертният газ преминава през процепа между мембраната и кондензната повърхност. Част от парата се кондензира по кондензационната повърхност (AGMD), а останалата част се кондензира извън мембранната клетка от външен кондензатор (SGMD) [4, 5, 6].

Тъй като AGMD и DCMD не се нуждаят от външен кондензатор, те са най-подходящи за приложения, където водата е проникващият поток. SGMD и VMD обикновено се използват за премахване на летлив органичен или разтворен газ от воден разтвор.

1.2. Многостепенни флаш процеси (Multi-Stage Flash Distillation, MSFD) – метод при който морската вода се изпарява последователно в няколко камери, в които налягането постепенно се намалява. Всеки последователен етап функционира при пониска температура и налягане от предишния. MSFD метода се налага като скъпа технология за пречистване, изискваща огромно количество на енергия. MSFD централите се препоръчват там, където са налични големи количества евтина или отпадъчна енергия (например конвенционални електроцентрали). Повечето инсталации на централи за MSFD се експлоатират в когенерация с електроцентраля.

1.3. Мулти-колонната дестилация (Multi-Effect Distillation, MED) – представлява нагряване на морската вода при висока температура в първите колони и използване на образуваната пара за нагряване на следващите колони, като накрая водата кондензира. MED се състои от поредица от херметически затворени елементи. При всеки елемент се извършва последователност от последователни процеси на кондензация и изпаряване в низходящ ред на температури и налягания. Недостатък на метода е натрупването на котлен камък върху тръбите на котела. За минимизирането на енергийните разходи MED инсталации са включени към соларната дестилация.

1.4. Соларната дестилация (Solar distillation, SD) – използва се слънчевата енергия за осъществяване на процеса дестилация. Солите и минералите не се изпаряват с водата. За да се осъществи процеса на дестилация, се използват слънчеви панели или директно топлинната енергия на слънцето. Повечето системи са обикновени съдове с черно дъно, пълни с вода и покрити с прозрачно стъкло или пластмаса. Слънчевата светлина, която се абсорбира от черния материал, ускорява скоростта на изпарение. Най-опростеният модел в техническо отношение е технологията, базирана



на изпарители. Представяват специални призми, изработени от стъкло или пластмаса, в които се излива солената морска вода.

В резултат на това слънчевата енергия повишава температурата на водата. Течността започва да се изпарява и се утаява под формата на конденз по стените. Капките вода, излизаци от потока на пара се улавят в специални приемници. По този начин се достига коефициент на ефективност до 50%. Използването на естествени алтернативни енергийни източници ще доведе до опазването и съхраняването на природните ресурси, флората и фауната в дадения регион. Разглежданата технология ще доведе до нейната модернизация и възвръщаемостта на такива системи. Предимства SD метода е относително евтината поддръжка системата, липса на разходи за енергия, няма движещи се части. Недостатък на метода включва сезонно (частично) използване, бавна скорост на дестилация, не е подходящ за по-големи потребителски нужди.

Особен интерес представляват системите за възобновяема енергия (ВЕ), които предлагат алтернативни решения за намаляване на зависимостта от изкопаеми горива. Общите инсталации за обезсоляване на възобновяеми енергийни източници в световен мащаб възлизат на капацитет под 1% от този на конвенционалните инсталации за обезсоляване на морска вода [7,8,9].

Силно обещаваща алтернатива е използването на хибридни методи, като вятърно-слънчеви системи, вълново-слънчеви системи, както и включени към други основни методи за обезсоляване като, фотоволтаичната (PV) технология, която може да бъде свързана директно към RO система и др.

2. Обратна осмоза (Reverse Osmosis – RO).

Обратната осмоза е метод за физично разделяне, която разделя разтворимите вещества от разтворителя. Водата се движи към разтвора с по-ниска концентрация, при което се подава налягане за да обърне процеса – обратна осмоза. Налягането, необходимо за предотвратяване на осмозата, се нарича осмотично. При този процес концентрацията на соли от едната страна на мембраната нараства, което повишава осмотичното налягане и намаля притока на прясна вода. За да се предотврати това, през камерата непрекъснато се подава нова морска вода, като потокът прясна вода е пропорционален на налягането. Мембраната задържа йоните на различни соли, и само йоните на водата и някои едновалентни йони могат да преминат през структурата ѝ.

Мембраните за обратна осмоза могат да задържат повече от 98% от големите молекули, разтворени във водата (инфилтрат). Те могат да задържат и йони от първа валентност като Na^+ и Cl^- .

Високата разделителна способност на мембраната способства за получаването на много чист филтрат, който е освободен от всички органични съединения и микроорганизми. Мембраната не пропуска също така и отпадните продукти от жизнената дейност на бактерии и микроорганизми. Използваните мембрани са с висока селективност. Обезсолената вода не изисква допълнително обеззаразяване, което я прави подходяща за директна консумация. Изотермичните мембранни методи изискват по-малко енергия от термичните. Мембранната филтрация работи в непрекъснат режим, мембраните нямат нужда от подмяна 5-7 години с правилна поддръжка. Включва химическо чистене два пъти в годината.

Технологията на обратна осмоза намира приложение най-често в областта на обезсоляването на морска вода, филтрирането на добавъчна вода за водонагреватели, промиването на продукти, производството на микроелектроника, лабораторните

Съвременни управленски практики XI – БСУ, 2021
ИНТЕЛИГЕНТНА СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ В ДЕСЕТИЛЕТИЕТО
НА СВЪРЗАНОСТТА И АВТОМАТИЗАЦИЯТА

изпитвания, биотехнологиите и при други процеси, за които е необходима пречистена вода с висока степен на чистота.

Най-често използваните мембрани за обратна осмоза са изработени от целулозен ацетат (ЦА) и тънкослойни композитни материали (thin film composite, TFC). Обикновено използваните конфигурации на мембрани са от спирално навити или кухи влакна. Съчетанията от конфигурации и качества на мембраните оказват влияние на ефективността на системата за обратна осмоза по отношение на отстраняването на замърсителите и пропускането на максимално количество пречистена вода.

Мембраните за обратна осмоза са конструирани така, че да са устойчиви на въздействието на химически вещества и микроби; да са механично и структурно стабилни след определен експлоатационен период; и да отговарят на желаните изисквания за филтриране.

Съществуват три основни техники за оптимизация, които могат да помогнат за повишаване степента на извличане и същевременно да намалят потреблението на вода – предварително третиране на пречистващата вода, използването на усъвършенствани мембрани, и оптимизация на водния поток.

Предварителното пречистване на водата на входа на системата за обратна осмоза може да намали замърсяването на мембраната и по този начин да повиши общата степен на извличане. Подаваната вода, в зависимост от източника ѝ, може да съдържа суспендирани и разтворени вещества с различни концентрации – както органични, така и неорганични.

Суспендираните частици могат да се отложат по повърхността на мембраната, запушвайки тръбите за подаваната вода и повишавайки напорните загуби в цялата система. Разтворените вещества могат да се отделят като твърда фаза от разтвора и да се отложат като котлен камък. Предварително пречистената вода, навлизаща в системата за обратна осмоза, може да намали натоварването на помпата, което да доведе до понижаване на консумацията на електроенергия.

Съществуват различни видове конфигурации на системите за обратна осмоза – едностепенни, двустепенни, едностъпални и двустъпални. Системите за обратна осмоза могат да съдържат от една до няколко групи съдове под налягате.

3. Електродиализа – (Electrodialysis, ED).

Обезсоляването чрез електродиализа използва постоянен източник на ток и редуване на катион-селективни мембрани с анион-селективни мембрани, които отделят от водата разтворените соли във вид на катиони и аниони. Тъй като процесът протича в електрично поле, електродиализата е в състояние да премахва йонни компоненти от разтвора, за разлика от обратната осмоза и дестилацията.

Солената вода се подава успоредно в каналите между мембраните. Катионите и анионите се придвижват в противоположни посоки към съответните мембрани в отговор на приложеното напрежение. Обикновено процесът се разделя на много стъпки, за да е по-икономичен и по-лесно контролиран. ED като цяло се използва основно за полусолени води. Мембраните при електродиализата подлежат на запушване. За да се предотврати това се прилагат процеси на обратна електродиализа (EDR). При това разменяне на каналите, натрупванията върху мембраните се премахват. Подобно решение често се прилага и при слънчевите и вятърните генератори.

Методът не е широко използван от гледна точка на разходите за оборудване и разходите за електроенергия.



4. Йонообмен.

За обезсоляване на морски води се прилагат методи с използване на йонообменни регенериращи се смоли. В тях се използват слабо кисели и слабо основни групи, които се изместват от групите на разтворените соли. Методът е рентабилен и дава добри резултати за пречистване на водата от соли. Протичат в хетерогенна система течност-твърдо вещество. Обменът е между йоните в солената вода и йоните в твърдата фаза, наречена йонит (или йонообменник, йонообменна смола, полиелектролит). Те представляват водонеразтворими полимери, съдържащи подвижен йон. При създадените условия, приготвеният полимер реагира като обменя йони на солите със същия знак. Йонните топлообменници, поставени във водната среда, набъбват и увеличават размера си 1,5 - 2 пъти.

Процесът е рентабилен и поддържа обезсоляването на високо ниво. Позволява да се получи по-чиста течност за кратко време. Много често йонният обмен се използва и като междинна стъпка в процеса на обезсоляване. Йонообменните колони могат да премахнат йони от концентрата на първия етап от обезсоляване. Вторият процес на обезсоляване може да бъде мембранно или термично задвижван, или комбинация от двете технологии.

С течение на времето, йонообменниците събират солите, разтворени във вода и кондензират. Наситените йонообменници се регенерират, след което се почистват. Продуктите, получени от наситени йонообменници, се наричат „елуати“, те включват разтвори на соли и основи. Някои от тях са ценни вещества, така че се изхвърлят като ценни компоненти.

5. Замразяване.

Методът на замразяване (**Freezing Process, FP**) представлява охлаждане на морската вода до кристализация и отделяне на кристалите, от които се получава прясна вода. Получените кристали са с форма на игла и след разтопяването им стават годни за ползване.

За замразяване се използват кристализатори (контактни, вакуумни, с топлообмен през стената), където водата контактува с газообразен или течен хладилен агент. Подобно на дестилацията и този процес протича естествено в природата. При замразяването на морска вода в образуването на леда не влизат солите, т.е. ледът е сладка вода. Методът позволява лесно разделяне на получените продукти. Получават се иглени кристални структури. Образуваните ледени кристали се отделят и разтопяват. Получава се вода със соленост не по-висока от 500-1000 mg/L, подходяща за различни видове ползване. Това е основният принцип, на който се основават методите на обезсоляване на морска вода чрез замразяване. Има различни методи за отделяне на ледените кристали. Изборът зависи от характеристики като размер и относително тегло на кристалите. Много често се използват перфорирани плаващи колони, върху които се задържа ледът. Въпреки, че този метод, се разработва като алтернатива на дестилацията, която да намали енергийни разходи, трябва да се каже, че при него също се изисква разход на енергия.

II. Теоретичен хибриден модел за добив на сладка черноморска вода

В световен мащаб обезсоляването на морската вода вече е факт. При такива тенденции обезсоляването на морски води се оказва напълно целесъобразно за крайморските населени места и обекти. Поради благоприятното си географско положение гр. Бургас е в пресечната точка на важни международни транспортни коридори. Нарастващата нужда от чиста питейна вода и ресурсът морска вода води до засилване на търсенето за бърз и качествен подход за обезсоляване на водата, влагайки най-малко капиталови разходи и достигане на по-добри показатели за „сладка вода“. Намирането на подходящ район за осъществяване на инвестиционен проект изисква първоначална инвестиция, пряк достъп до морски източник и място за осъществяване на разделянето на водата – течна фаза (сладка вода) и твърда фаза – (морска сол).

На посочените условия теоретично подходящо място намиращо се в Бургаския залив са Черноморските солници АД Бургас. Запазвайки историческото и преминавайки към модерното може да се изгради енергийно и водо независима система за запазване малък ЕКО-СПА комплекс с възможност за докосване до природата, лечение и рехабилитация в полза на човечеството целогодишно. От него могат да се възползват хора от всички възрасти докосвайки се до безплатните дарове от природата. С безплатния и облагороден СПА център ще се привлекат множество туристи. Ученици и техните учители ще бъдат привлечени с атракционни за посещения на открито и закрито като музей на солта, производство на сол, производство на електроенергия, производство на сладка вода, убежище за гнездене и почивка на птици. По този начин ще бъде възпитано и засилено културното наследство у подраствашото поколение.

В теоретичния хибриден модел за получаване на сладка черноморска вода ще бъдат добивани електроенергия от слънчевата енергия, както и използването на система за соларна дестилация. Тя се очертава на пазара като един от най-евтините източници на енергия. Фотоволтаичните клетки на пазара запазват своята икономическа стабилност, а получената електроенергия конкурентна на пазара. По този начин ще се осигури в комплекса целогодишен достъп до електричество, необходимо за обезпечаването на СПА центровете, нощно осветление за нощни турове, нощно наблюдение и изучаване на птици, атракционно влакче без вредни емисии [10,11,12,13.14]

III. Системи за възобновяема енергия

Изграждането на автономна фотоволтаична система вече е факт и се предлага както на българския, така и на международния пазар. Системата ще се състои от фотоволтаични слънчеви панели, контролери за зареждане, соларни панели за генериране на лъчи и инвертори за добиване на енергия изцяло от природни възобновяеми източници. Предимствата на автономната централа е специален блок, в който се съхранява и акумулира енергията, осигурявайки независимост от наличието на слънчева светлина, бързо електрозахранване, системи за топла вода и отопление. Характеризират се с устойчивост при неблагоприятни климатични условия при същата производителност. В зависимост от нуждите на ЕКО-СПА комплексът ще бъдат подбрани със съответните параметри и мощности.



Фиг. 1.

Интерес ще представлява избора на фотоволтаична система за обезсоляване на морска вода. Всеки отделен комплекс може да се състои от портативно устройство за обезсоляване на морска вода, което да осигури пречистена вода за пиене и битови нужди. Оборудването е с компактна структура, с висока надеждност при работа, лесна за експлоатация и поддръжка и висока степен на обезсоляване на прясна вода. Това е идеално оборудване, което да отговори на нуждите на хората, пребиваващи в рехабилитационния център. Оборудването може да бъде директно свързано с 220V AC захранване за захранване на оборудването (Фиг. 1). В същото време той също може да бъде захранван от 24V DC мощност, осигурена от автомобила или ръчно задействана аварийна DC мощност и 120W преносима слънчева енергийна система.

ro water purifier	
Operating	Automation and Manual
Voltage	AC 220V/ Solar power DC24V
System power	300W
Inlet temperature	5~45°C
Recovery rate	8-15%
Operation Pressure	<6Mpa
Configurations	RO membrane / CNP pump
Application	Drinking water for ship,boat and emergency use
Net Weight	20 KG
Dimension(L*W*H)	400*500*250mm

С водещата в света „Технология за мембрана за обратна осмоза“, подобреният дизайн на оборудването за обезсоляване на морската вода ефективно преобразува морската вода в ултра чиста и чиста питейна вода, без миризми и бактерии.

Съвременни управленски практики XI – БСУ, 2021
ИНТЕЛИГЕНТНА СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ В ДЕСЕТИЛЕТИЕТО
НА СВЪРЗАНОСТТА И АВТОМАТИЗАЦИЯТА

С посочената апаратура се достига степен на обезсоляване до 98,5%, а производството на пречестена вода е 8-12 Н/Л. Притежава следните характеристики:

Използвайки хибридни модели се достига не само допълване на енергийните и водните системи, но и стремеж за опазване на околната среда, и защита на местната флора и фауна. Достигането на висока степен на чистота на водата, осигурява качествена, пречистена от излишни соли и минерали, тежки метали и органични вещества, готова за директна консумация.

IV. Значимост на обезсоляването и използване на независима електроенергия

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:

- Производство на питейна вода;
- Опазване на биоразнообразието;
- Използване за нуждите на ЕКО-СПА комплекса;
- Производство на сол;
- Намаляване на замърсяването на въздуха и околната среда;
- Независими соларни системи за топла вода и отопление;
- Целогодишен достъп за балнеолечение и рехабилитация 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].

Използвана литература

- [1]. Dobrevsky, Mavrov and Boney, University of Chemical Technology, Department of Water Technology, Burgas, Bulgaria
- [2]. Лазаров Д., Неорганична химия, Университетско издателство „Св. Климент Охридски“, 2014
Списание Инфрабилд - Строители списание за инфраструктурно строителство, година VI, брой 7, 2012
- [3]. Fadi Alnaimat, James Klausner and Bobby Mathew, November 17th 2017 Reviewed: April 3rd 2018, Published: September 19th 2018, DOI: 10.5772/intechopen.76981
- [4]. Himsar Ambarita, ScienceDirect, 2016, <http://dx.doi.org/10.1016/j.csite.2016.09.005>
- [5]. Списание Екология и инфраструктура, Брой 2/2015
- [6]. 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



-
- [7]. Akili D. Khawajia, Ibrahim K. Kutubkhanaha, Jong-Mihn Wie, Advances in seawater desalination technologies, Science direct, Desalination 221 (2008) 47–69
- [8]. Menachem Elimelech and William A. Phillip, The Future of Seawater Desalination: Energy, Technology and the Environment, Vol. 333, Issue 6043, pp. 712-717, 2011
- [9]. 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
- [10]. 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, p. 896-902,
- [11]. Гинко Георгиев, Камен Сейменлийски, Силвия Лецковска, Симулационно изследване на характеристиките на учебна фотоволтаична централа в среда на MATLAB, Годишник на БСУ 2017, том XXXVI, стр.165-170, ISSN: 1311-221-X, Печатница „ЕКС-ПРЕС“ ООД – Габрово
- [12]. Silviya Letskovska, Kamen Seymenliyski, Ginko Georgiev and Pavlik Rahnev, Laboratory Classes for Saved Emissions of Greenhouse Gases, ICEST 2017, Niš, Serbia, June 28-30, 2017 Proceedings of Papers, p.366-370, ISSN:2603-3259(Print) ISSN:2603-3267(Online)
- [13]. Гинко Георгиев, Камен Сейменлийски, Силвия Лецковска, Изследване на лабораторно електрозадвигване в среда MATLAB, Годишник на БСУ 2017, том XXXVI, стр.126-132, ISSN: 1311-221-X, Печатница „ЕКС-ПРЕС“ ООД – Габрово
- [14]. Силвия Лецковска, Милен Балтов, Камен Сейменлийски, Радостин Долчинков, ЧЕРНО МОРЕ – ВЪЗОБНОВЯЕМ ИЗТОЧНИК НА ЕНЕРГИЯ И РЕСУРСИ, Годишник БСУ, 2020, том XLII, стр. 211-238, ISSN: 1311-221X
- [15]. Радостин Долчинков, Камен Сейменлийски, Иван Попов, Замърсяване на черно море в резултат на пожар на танкер, Синя икономика, МНК Синя икономика БСУ 2018, с 419 – 428, Сборник доклади, ISBN 978-619-7126-57-0, Печатница „ЕКС-ПРЕС“ ООД – Габрово
- [16]. Камен Сейменлийски, Силвия Лецковска, Радослав Симионов, Актуални аспекти на влиянието на електротехнически съоръжения върху околната среда, МНК Синя икономика, БСУ 2018, с. 257-262, Сборник доклади, ISBN 978-619-7126-57-0, Печатница „ЕКС-ПРЕС“ ООД – Габрово
- [17]. Silviya Letskovska, Kamen Seymenliysk, Ginko Georgiev, Laboratory Equipment for Energy Accumulation from Renewable Sources, ICEST 2016, 28 - 30 June 2016, Ohrid, Macedonia, Proceedings of Papers p. 455-459, ISBN-10 9989-786-78-X, ISBN-13 978-9989-786-78-5, EAN 9789989786785.
- [18]. С. Лецковска и К. Сейменлийски, Изследване характеристиките на работа на фотоволтаична система за електроснабдяване Юбилейна научна конференция с международно участие „Новата идея в образованието“, БСУ, 20-21 септември 2016 г. Сборник доклади, ISBN 978-619-7126-28-0, стр. 561-565, Печатница „ЕКС-ПРЕС“ ООД – Габрово.
- [19]. Kamen Seymenliyski, Silviya Letskovska, Radoslav Simionov, Current Aspects Of The Environmental Impact Of Electrical Equipment , списание Компютърни науки и комуникации, т.7, бр.1, стр. 200-205, ISBN 978-619-7126-57-0, 2018.