

## **Сезонная изменчивость турбулентных вертикальных потоков тепла и влаги над Черным морем**

А.К Ахсиба<sup>1</sup>, Я.В. Гицба<sup>1</sup>, А.Г. Гранков<sup>2</sup>, А.А. Мильшин<sup>2</sup>, Н.К. Шелобанова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Абхазский государственный университет, Институт экологии АНА, г. Сухум, ул. Аргун, 28, [asida\\_cen@mail.ru](mailto:asida_cen@mail.ru)

<sup>2</sup>Фрязинский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук

Пл. Ак. Введенского, д.1, г. Фрязино Московской области 141190, [amilshin@list.ru](mailto:amilshin@list.ru)

*Представлены среднемесячные значения турбулентных потоков скрытого и явного тепла на границе раздела атмосфера - водная поверхность Черного моря. Источником служат архивные данные из OAFLEX. Выполнен анализ сезонной динамики потоков на границе раздела атмосфера – морская поверхность Черного моря за рекордно жаркий 2010 год.*

*The average monthly values of turbulent latent and sensible heat fluxes at the interface atmosphere - water surface of the Black sea are presented. The source is the archive data from OAFLEX. The analysis of seasonal dynamics of fluxes at the interface atmosphere - sea surface of the Black sea for the record hot year 2010 was performed.*

### **Введение**

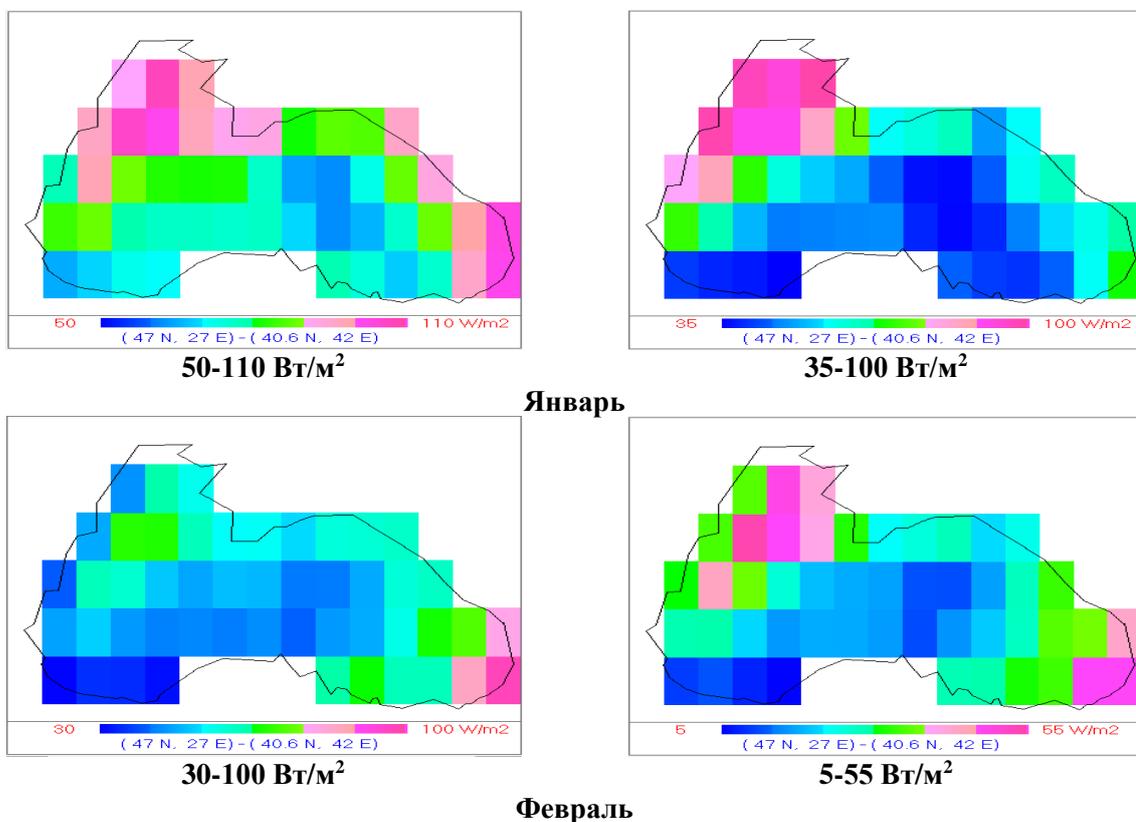
Оценка потоков тепла и влаги над водной поверхностью выполняется с использованием так называемых балк-формул [1]. Одной из разрабатываемых методик является методика, в которой входными данными служат дистанционно определяемые температура поверхности моря, скорость приводного ветра и приповерхностная влажность воздуха [1]. Анализ показал, что глобальные данные, получаемые на сайте <http://www.remss.com/> не корректны применительно к морям, имеющим существенно более низкую соленость по сравнению с океанической водой. Поэтому мы обратились к данным проекта OAFLEX - the Objectively Analyzed Air-sea Fluxes (OAFlex) Project. Данные в данном проекте получены с привлечением трех подходов. Первый заключается в использовании судовых измерений, второй в привлечении спутниковых измерений и третий в использовании данных реанализа NWR – Numerical weather prediction. Пространственное разрешение данных проекта OAFLEX составляет один градус по широте и долготе.

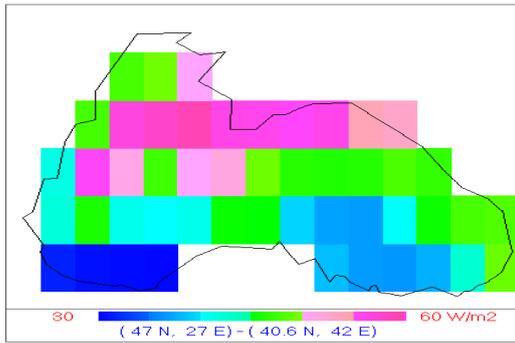
### **Сезонная динамика потоков явного и скрытого тепла в Черном море**

На рис.1 показаны пространственные распределения потоков скрытого тепла (а) и явного тепла (б) по месяцам. На рис. 2 дана графическая зависимость интегрального (усредненного по всей поверхности Черного моря) потока скрытого тепла (а) и потока явного тепла (б).

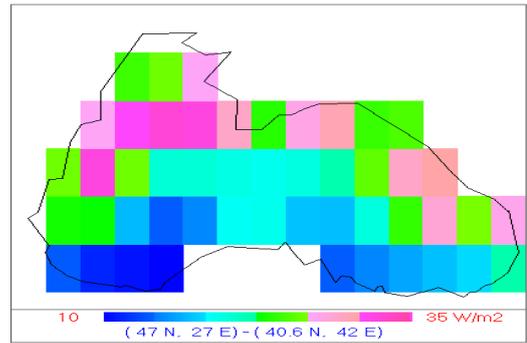
Выполним анализ особенностей распределения потоков скрытого тепла. Потоки скрытого тепла в январе лежат в пределах 50-110 Вт·м<sup>-2</sup>. Максимальное значение > 92 Вт·м<sup>-2</sup> наблюдается в левой северной и восточной частях моря. В феврале интегральное значение потока скрытого тепла снижается на треть (рис.2, а)). В пространственном распределении наблюдается один максимум – на востоке моря. В марте интегральное значение потока незначительно снижается по сравнению с февралем месяцем.

Максимальное значение наблюдается в северной части моря, а минимальное в южной части. В апреле отмечается минимальное интегральное значение потока скрытого тепла за год. При этом в пространственном распределении снова появляется максимальное восточное направление с потоками  $35\text{-}40 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$  и выраженное северо-западное направление с потоками  $10\text{-}15 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ . В мае наблюдается рост интегрального потока неявного тепла. Пространственное распределение изменяется, максимум потоков наблюдается на северо-западном и восточном направлениях. В июне турбулентность увеличивается незначительно, оставаясь достаточно однородной по всей акватории моря. В июле потоки возрастают незначительно, по сравнению с июнем, величина интегрального потока неявного тепла достигает  $71 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ . Максимум потоков отмечается на востоке моря. При этом в южной части моря наблюдается тренд роста потоков с запада на восток. В северной части моря наблюдается рост потоков с севера на юг. Скачок интегрального потока отмечается в августе ( $117.5 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ ) и в сентябре и октябре ( $131 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ ). Пространственное распределение носит условно равномерное распределение в августе, с небольшим максимумом в восточной части. Аналогичное распределение носит поток неявного тепла и в сентябре месяце. В октябре распределение меняет свой характер на зоны с максимумом в северной левой части моря и в северо-восточной части моря. Затем величина интегрального потока падает в ноябре до значения  $56 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ . При этом пространственная однородность остается высокой с незначительным максимумом в восточной части моря. Декабрьское распределение остается высоким, до  $83 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ . Пространственное изменение определяется наличием максимумов в северо-западной и северо-восточной частях с однородным центром моря. Основные области проявления активности потоков связаны с направлениями сильных ветров и изменениями влажности воздуха [3].



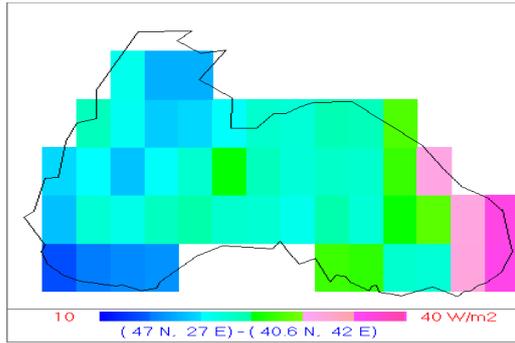


**30-60 Вт/м<sup>2</sup>**

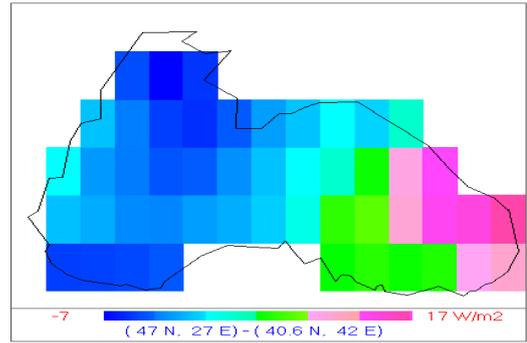


**10-35 Вт/м<sup>2</sup>**

**Март**

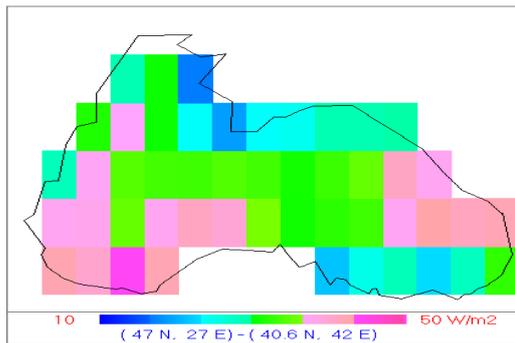


**10-40 Вт/м<sup>2</sup>**

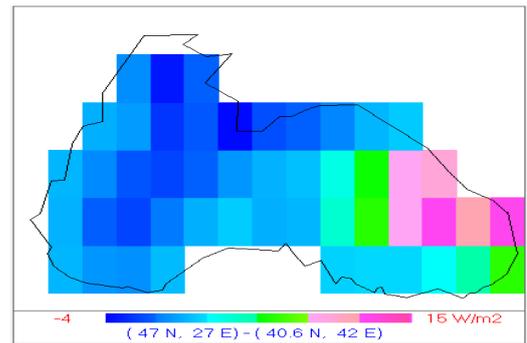


**-7-17 Вт/м<sup>2</sup>**

**Апрель**

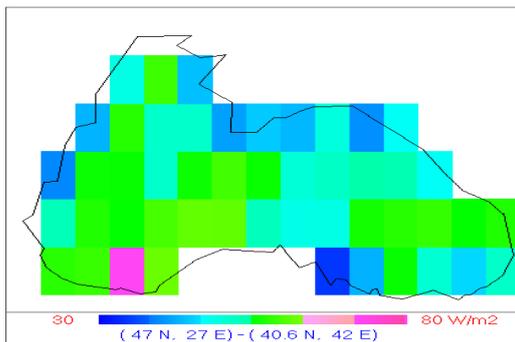


**10-50 Вт/м<sup>2</sup>**

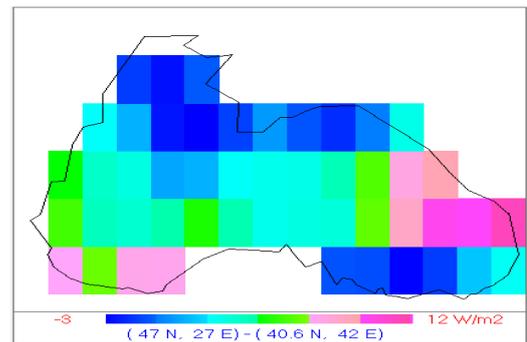


**-4-15 Вт/м<sup>2</sup>**

**Май**

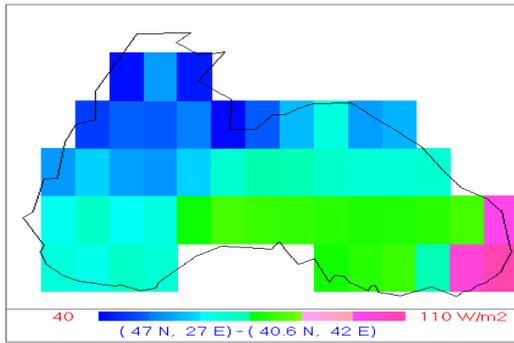


**30-80 Вт/м<sup>2</sup>**

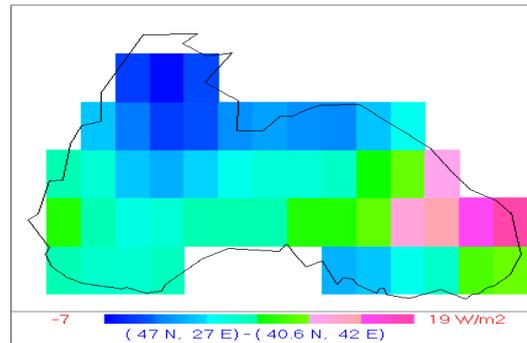


**-3-12 Вт/м<sup>2</sup>**

**Июнь**

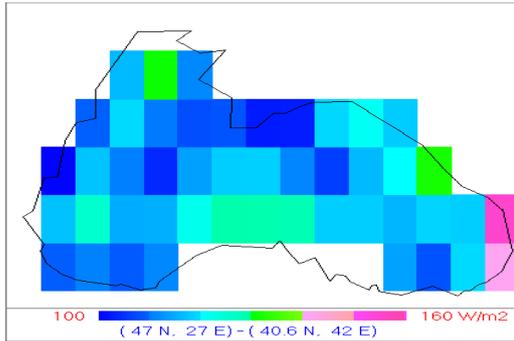


**40-110 Вт/м<sup>2</sup>**

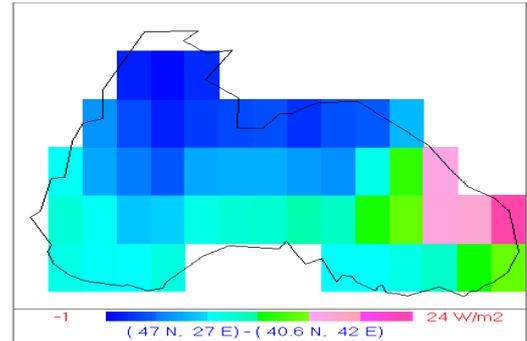


**-7-19 Вт/м<sup>2</sup>**

**Июль**

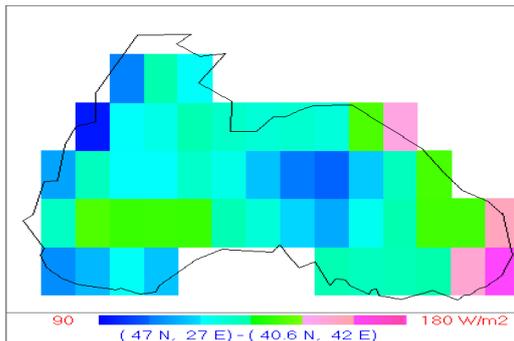


**100-160 Вт/м<sup>2</sup>**

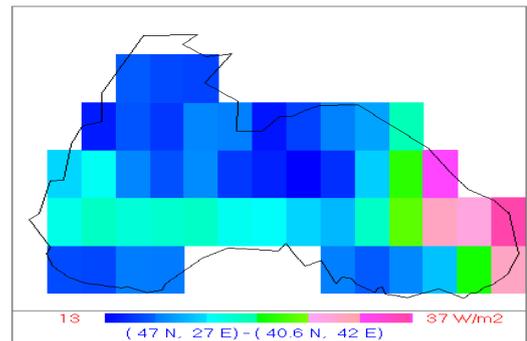


**-1-24 Вт/м<sup>2</sup>**

**Август**

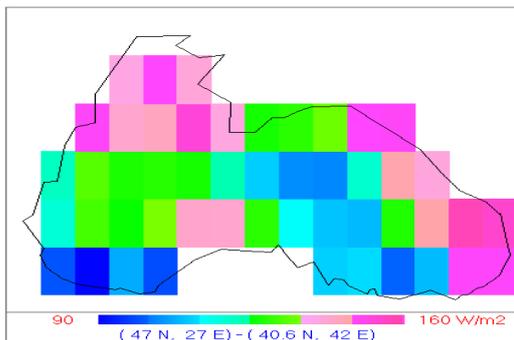


**90-180 Вт/м<sup>2</sup>**

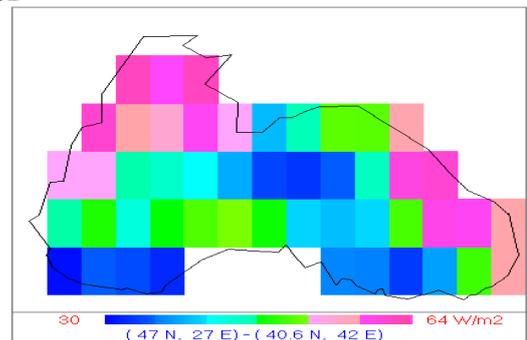


**13-37 Вт/м<sup>2</sup>**

**Сентябрь**

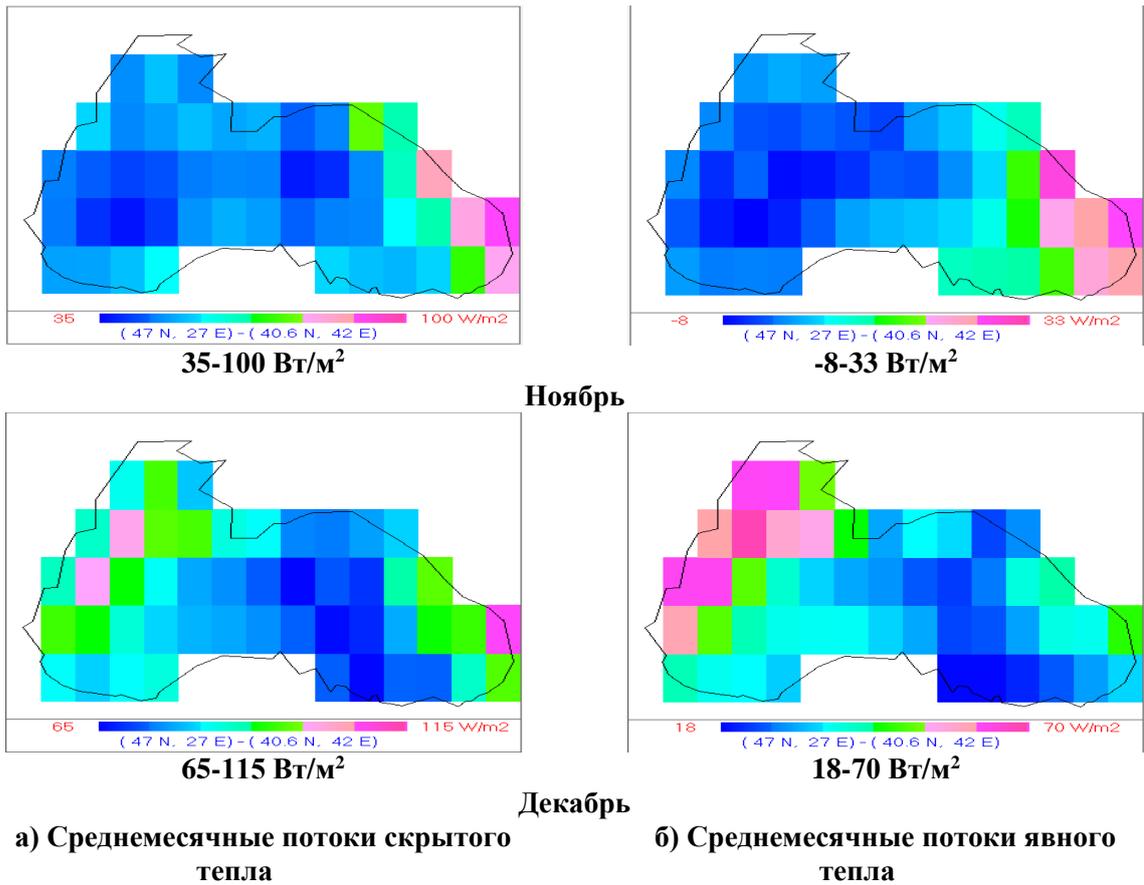


**90-160 Вт/м<sup>2</sup>**

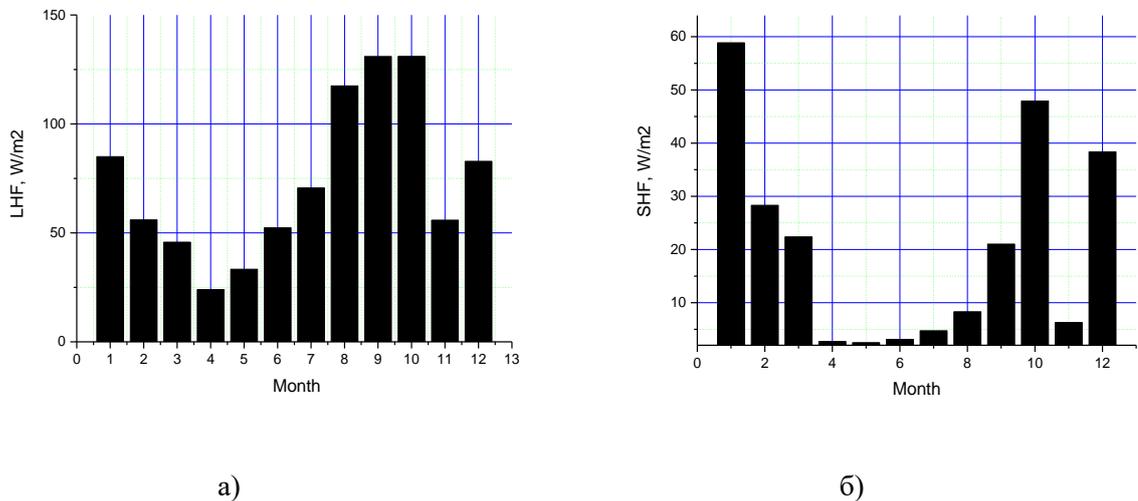


**30-64 Вт/м<sup>2</sup>**

**Октябрь**



**Рис.1. Сезонная динамика потоков скрытого и явного тепла**



**Рис.2. Внутригодовые изменения интегрального потока скрытого тепла (а) и явного тепла (б) над поверхностью Черного моря в 2010 году**

Основные отличия сезонного хода потоков явного тепла (рис.1б и 2б) заключаются в распределении максимума, приходящегося на октябрь, декабрь и январь месяцы. Минимальный ход потоков наблюдается в апреле-августе месяце. Аномально низким является, так же и потоки, ноябрь месяц. В январе наблюдается самый мощный в течении года поток. Пространственное распределение максимумов наблюдается в северных областях моря. В феврале и марте интенсивность потоков спадает более чем в

два раза, сохраняя распределение январского потока. В апреле - августе мы наблюдаем условно равномерное распределение потоков с максимум в восточной части моря. В сентябре существенно возрастает величина потоков. В октябре интегральный поток достигает второго значения максимума около  $88 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ . В ноябре величина интегрального потока падает до  $5 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ , затем в декабре нарастает до  $38 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ . При этом характер распределения по поверхности моря прямо противоположный – максимум в восточной области в ноябре и максимум в северо-западной области в декабре.

### **Заключение**

Выполнен анализ сезонной изменчивости потоков неявного и явного тепла на основе данных OAFUX.

Для потоков неявного тепла характерен период низких значений, начиная с февраля и по июнь месяцы. Период высоких значений с максимумом в сентябре и октябре начинается с июля и завершается в январе месяце. Исключением является ноябрь месяц.

Потоки явного тепла имеют минимум с апреля по август месяцы. Максимальное значение наблюдаются в январе, октябре, декабре.

### **Литература**

1. Александр Гранков, Александр Мильшин, Евгений Новичихин. Радиоизлучение системы океан-атмосфера в ее энергоактивных зонах. LAP LAMBERT Academic Publishing. -2016. -314 с.
2. Lisan Yu, Xiangze Jin, Robert A. Weller. Multidecade Global Flux Datasets from the Objectively Analyzed Air-sea Fluxes (OAFlux) Project: Latent and Sensible Heat Fluxes, Ocean Evaporation, and Related Surface Meteorological Variables // Woods Hole Oceanographic Institution OAFlux Project Technical Report (OA-2008-01).
3. Справочник по климату Черного моря. Под ред. А.И. Сорокиной. Московское отделение гидрометеоздата. М.: 1974. 405 с.