

Вопросы безопасности

Правильная ссылка на статью:

Дегтерев А.Х. — Повторяемость сильных засух в Крыму и их связь с Эль-Ниньо // Вопросы безопасности. – 2023. – № 2. DOI: 10.25136/2409-7543.2023.2.40861 EDN: ESLAFE URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=40861

Повторяемость сильных засух в Крыму и их связь с Эль-Ниньо

Дегтерев Андрей Харитонович

доктор физико-математических наук, кандидат географических наук

профессор, кафедра радиозологии и экологической безопасности, Институт ядерной энергии и промышленности, Севастопольский государственный университет

299033, Россия, Севастополь, г. Севастополь, ул. Курчатова, 7

✉ degseb@yandex.ru



[Статья из рубрики "Технологии и методология в системах безопасности"](#)

DOI:

10.25136/2409-7543.2023.2.40861

EDN:

ESLAFE

Дата направления статьи в редакцию:

18-06-2023

Дата публикации:

19-06-2023

Аннотация: В данной статье рассматривается такая актуальная для экологической безопасности причерноморского региона проблема, как засухи. На основе данных о месячных суммах осадков и значений среднемесячных температур рассмотрена повторяемость засух продолжительностью свыше трех декад в период с апреля по август включительно. Показано, с 1950 по 1999 гг. было семь двухмесячных засух и одна трехмесячная. Рассчитана повторяемость засух в отдельные месяцы. Анализируется изменение с годами максимального за эпизод значения индекса Эль-Ниньо с 1950 по 2023 гг. Отмечается связь двухмесячных засух с этим параметром. По итогам проведенного в данной статье исследования автор приходит к выводам о закономерностях проявления сильных засух в причерноморском регионе. В частности, сделан вывод, что в последние десятилетия сильные проявления Эль-Ниньо повторяются не чаще, чем через 15 лет. Это позволяет прогнозировать эпизоды со значением индекса свыше 2,6 не ранее 2030 г. Особо отмечается, что пока основную

опасность в Крыму представляют двухмесячные засухи. За рассмотренные 50 лет засухи продолжительностью свыше шести декад подряд в период с апреля по август имели место 8 раз.

Ключевые слова:

повторяемость засух, осадки, вегетационный период, Крым, индекс Эль-Ниньо, температура воздуха, температура морской воды, двухмесячные засухи, экологическая безопасность, причерноморский регион

Введение

Одним из основных последствий современного глобального потепления в причерноморском регионе является усиление засух [\[1, 3\]](#). Причем не только в плане уменьшения количества осадков за определенный период времени и увеличения повторяемости засух, но и в плане увеличения продолжительности засух. Длительное отсутствие осадков ведет к истощению запасов воды в водохранилищах и понижению уровня грунтовых вод, что сказывается на дебете скважин. Даже если такие явления случаются раз в несколько лет, они представляют серьезную опасность для водоснабжения приморских регионов. Весной и в начале лета они наносят особенно большой урон сельскому хозяйству, а во второй половине лета в разгар курортного сезона, когда население региона увеличивается в несколько раз, они ведут к серьезным экономическим потерям для санаторно-курортных организаций и туристической отрасли. Поэтому засухи на юге России, их причины, и повторяемость давно и серьезно изучаются [\[7, 8, 9, 10\]](#).

С другой стороны, изменение температуры в ближайшие годы часто связывают с проявлением связанного с океаном явления Эль-Ниньо – Южное колебание [\[4, 13\]](#). В связи с этим представляет интерес сопоставить данные о засухах в Крыму за прошлые десятилетия с амплитудой индекса Эль-Ниньо. По сути он равен отклонению температуры поверхности океана в определенном районе Тихого океана от климатической нормы. Поэтому на берегах Тихого океана влияние Эль-Ниньо на осадки особенно заметно. Например, после сильного Эль-Ниньо 1997 –1998 г. только в Хабаровском крае летом выгорело 2 млн. га лесов.

Анализ данных о суммах осадков позволяет судить о повторяемости засух и их длительности. Данные о температуре воздуха, в свою очередь, позволяют судить об испаряемости. Аномально сильные засухи связаны с крупномасштабными атмосферными процессами и отражаются как минимум на всем Причерноморском регионе, а также на температуре воды в Черном море.

Как известно, к сильным засухам относят ситуации, когда осадков нет или их очень мало в течение четырех декад и более. Причем, как правило, рассматривается именно вегетационный период, когда последствия засух особенно велики. Таким образом, ставилась задача изучения именно тех лет, когда было мало осадков в течение двух-трех смежных месяцев вегетационного периода.

С этой целью нами использовались данные о месячных суммах осадков и среднемесячных температурах. Это позволяет выделять очень сильные засухи, как периоды двух смежных засушливых месяцев. То есть в нашем случае рассматривались

засухи продолжительностью не менее шести декад. Как выяснилось, пока засухи в течение трех месяцев подряд с апреля по август бывают очень редко, а четырехмесячных засух в данном исследовании вообще не отмечалось. Однако, увеличение длительности и повторяемости засух со временем может привести к их наложению друг на друга в течение одного – двух лет, и тогда произойдет переход к более длительным засухам. В свою очередь, это приведет к существенному обострению рассматриваемой проблемы. В частности, истощение запасов влаги в корнеобитаемом слое земли в течение двух – трех лет приводит к деградации зеленых насаждений, садов и виноградников.

Нами были рассмотрены данные об осадках и температуре воздуха в Севастополе в период с 1950 по 1999 гг., соответственно длина ряда для каждого месяца составляла 50 лет. Использовались, также, данные о температуре воды в Черном море за примерно тот же период (рис. 1).

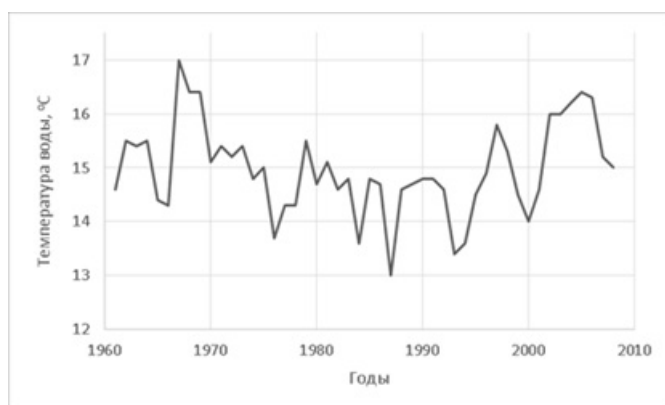


Рис. 1. Изменение среднегодовой температуры поверхностных вод в Черном море по данным прибрежных измерений [3].

В качестве порогового уровня осадков за месяц было взято 10 мм, то есть засушливыми считались месяцы, за которые выпадало не более 1 см осадков. В качестве наиболее уязвимого периода (с точки зрения последствий засухи) была выбрана часть вегетационного периода с апреля по август включительно. В табл. 1 приведены результаты анализа для одномесячных засух. Часть из них на самом деле являются как минимум двухмесячными. Повторяемость засухи в данный месяц рассчитывалась как отношение длины ряда (50 лет) к числу лет с засухой в этот месяц. Хотя, конечно, соответствующей периодичности повторения засух в табл. 1 явно не просматривается.

Таблица 1

Распределение засух по годам в разные месяцы.

Месяца	Годы с засухой	Повторяемость засухи
апрель	1952, 1954, 1957, 1961, 1964, 1968, 1971, 1976, 1983, 1989, 1998, 1999	раз в 4,2 года
май	1953, 1955, 1963, 1968, 1976, 1977, 1982, 1984, 1996	раз в 5,6 лет
июнь	1957, 1959, 1970, 1975, 1980, 1981, 1982, 1984	раз в 6,3 года
июль	1951, 1952, 1958, 1961, 1963, 1964, 1967, 1984, 1990, 1996, 1999	раз в 4,5 года
август	1954, 1956, 1958, 1959, 1961, 1962,	раз в 3,3 года

	1963, 1967, 1969, 1971, 1978, 1986, 1990, 1992, 1998	
--	---	--

Из табл. 1 видно, что наименее засушливым месяцем является июнь (засуха реже, чем раз в 6 лет), а наиболее засушливым – август (раз в 3-4 года). Действительно, за 50 лет засушливым июнь был всего 8 раз: в 1957, 1959, 1970, 1975, с 1980 по 1982 гг. и в 1984 г. Здесь явно выделяется первая половина 1980-х годов, когда июнь был засушливым почти каждый год. Исключением является 1983 г., когда в июне выпали рекордные 193 мм осадков. Это в 2,4 раза превышает июньскую сумму осадков в 1991 г. (она вторая по величине).

Можно предположить, что аномалия 1983 г. связана с наиболее мощным за рассматриваемый период проявлением теплой фазы явления Эль-Ниньо в 1982 – 1983 гг. (рис. 2), когда индекс Эль-Ниньо достигал значения 2,2 три месяца подряд. Более сильное проявление Эль-Ниньо за рассматриваемый период было только в 1997-1998 гг. Тогда индекс превышал 2,2 четыре месяца подряд, а в течение двух месяцев достигал значения 2,4.

Заметим, что непосредственный корреляционный анализ здесь мало что дает в связи с запаздыванием реакции климатической системы в северном полушарии на изменение температуры с другой стороны Земного шара. Поэтому на рис.2 приведены максимальные за каждый эпизод значения индекса только для теплой фазы Южного колебания. Таких эпизодов за данный период было около 20, соединительные линии между точками построены для наглядности. Так, из рис. 2 видно, что эпизоды с максимальными значениями индекса Эль-Ниньо после 1980 г. происходили не менее чем через 15 лет. Причем с годами этот период увеличивался. Росли и максимальные значения индекса, в 2015 г. он достиг 2,6. Отсюда, в частности, следует, что при сохранении данной тенденции следующий эпизод Эль-Ниньо с экстремально большим значением индекса наступит не ранее 2030 года.

Если рассматривать район аномально теплых вод в тропической части Тихого океана, по которому оценивается индекс Эль-Ниньо, как энергоактивную зону, то выделение тепла в атмосферу там пропорционально текущему значению индекса, то есть аномалии температуры в данном месяце ΔT . Тогда суммарное энерговыделение пропорционально $\sum \Delta T_i \cdot \Delta t$, где Δt равно одному месяцу и суммирование ведется по всем месяцам данного эпизода Эль-Ниньо. Отсюда получаем, что оно пропорционально просто $\sum \Delta T_i$, то есть сумме индексов Эль-Ниньо для всех месяцев эпизода. Соответствующий график огибающей колебания приведен на рис. 3.

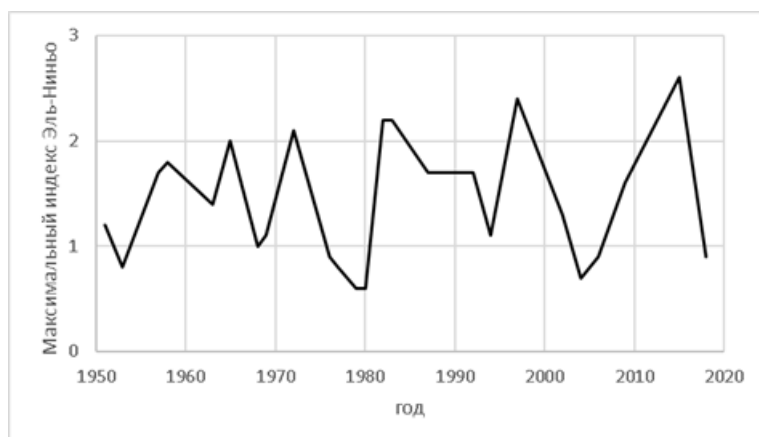


Рис. 2. Изменение со временем максимальных за эпизод значений индекса Эль-Ниньо

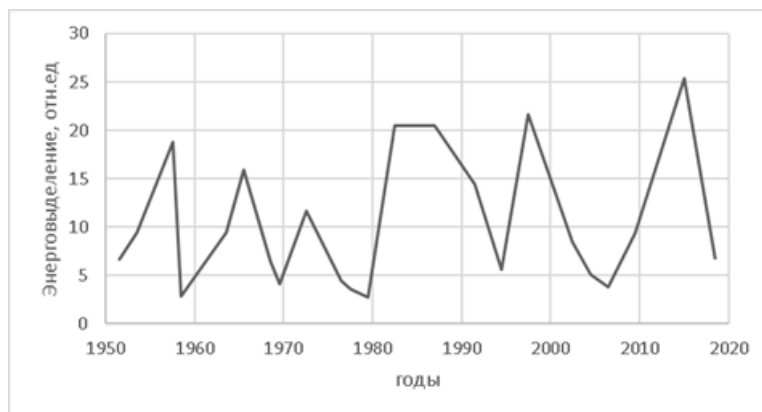


Рис. 3. Изменение энергетического выделения в отдельные эпизоды Эль-Ниньо

На рис. 3 более четко выделяется шесть пиков, а еще он неожиданно напоминает график изменения количества солнечных пятен на Солнце [2, 6]. Причем за тот же период на Солнце тоже было шесть циклов активности. Впрочем, с Эль-Ниньо связывают и другие экстравагантные гипотезы [5].

Возвращаясь к анализу осадков в Севастополе, отметим, что июль был засушливым 11 раз за рассматриваемый период, в связи с чем можно говорить о средней повторяемости засух раз в 4-5 лет. Обращает на себя внимание еще и тот факт, что совпадение засух в июне и в июле имело место только один раз – в 1984 г. Более того, в этот год засушливым был и май. На рис. 3 этому периоду соответствует аномально широкий пик.

Майские засухи совпадали с июньскими еще только в 1982 г., хотя они за 50 лет случались 9 раз. Это еще раз подчеркивает особый характер атмосферных процессов в начале 1980-х годов. На данную особенность указывает также и смена знака линейного тренда изменения среднегодовой температуры воды в Черном море в те годы (рис. 1). Как видно из рис. 2, для периода 1982 – 1993 гг. характерно также отсутствие эпизодов Эль-Ниньо с максимальными значениями индекса менее 1,7.

Наиболее остро засуха ощущается в Севастополе в августе. На него приходится пик туристского сезона, кроме того, за июнь и июль запасы воды в водохранилищах обычно уже существенно уменьшаются. Из табл. 1 видно, что именно на август чаще, чем на другие месяцы, приходится засуха. За рассматриваемый период это происходило 15 раз, то есть почти вдвое чаще, чем в июне или июле. Соответственно в среднем засуха в августе происходила раз в 3,3 года. При этом было пять лет, когда имело место наложение августовских засух на июльские: в 1958, 1961, 1963, 1967 и 1990 годах.

В табл. 2 приведены данные о двухмесячных засухах. Для периода апрель-май это имело место только в 1968 г., то есть очень редко, раз в 50 лет. Для периода май-июнь – в 1982 и 1984 гг., раз в 25 лет. Для июня-июля – только в 1984 г. Наконец, для июля-августа – гораздо чаще, в 1958, 1961, 1963, 1967 и в 1990 гг., то есть раз в 10 лет.

При этом в соответствии с климатической нормой для периода с марта по сентябрь включительно для всех месяцев характерна практически одинаковая месячная сумма осадков на уровне 30 мм (от 25 до 32 мм). В засушливые годы, однако, это не так. Например, сразу после эпизода сильного проявления Эль-Ниньо в 1997-1998 гг. два года подряд наблюдалось характерная трехпиковая последовательность выпадения осадков с двумя одномесячными засушливыми периодами (рис. 4).

За исключением периода июль-август двухмесячные засухи происходили только в 1968, 1982 и 1984 гг. Из рис. 1 видно, что этим годам соответствуют повышения температуры воды в Черном море. В частности, после засухи 1968 г. в Новороссийск пришлось, начиная с декабря 1969 г., четыре месяца возить танкерами воду из Сочи и Туапсе после истощения всех местных источников водоснабжения. Однако соответствующий эпизод Эль-Ниньо был тогда слабым, значения индекса не превышали 1,1. Можно предположить, что тогда засуха была связана с блокировкой западного переноса, о чем свидетельствуют большие отрицательные значения индекса Североатлантического колебания [12]. Аналогичная ситуация имела место потом летом 2010 г.

Что касается трехмесячных засух, то для периода с апреля по июнь включительно их не было ни разу за 50 лет, для периода май-июль – только в 1984 г. и для периода июнь-август – не было.

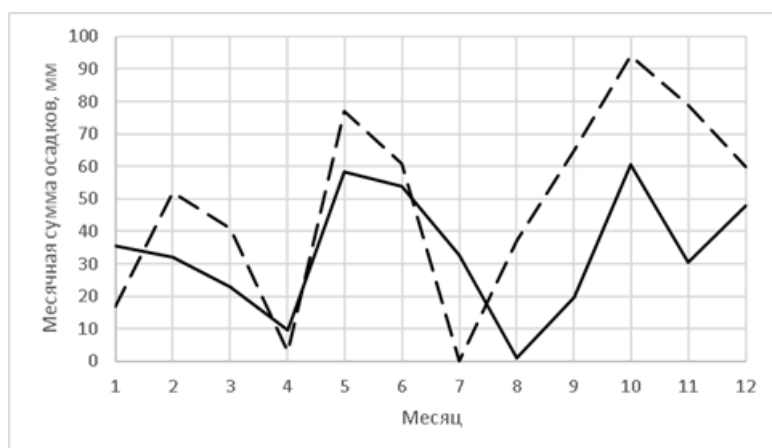


Рис. 4. Выпадение осадков в 1998 г. (сплошная линия) и в 1999 г. (штриховая линия).

Таблица 2

Распределение двухмесячных засух по годам.

Период засухи	Годы с засухой	Повторяемость засухи
Апрель-май	1968	раз в 50 лет
Май-июнь	1982, 1984	раз в 25 лет
Июнь-июль	1984	раз в 50 лет
Июль-август	1958, 1961, 1963, 1967, 1990	раз в 10 лет

Таким образом, трехмесячная засуха вообще была только один раз и это было в период с мая по июль (рис. 5). Сравнение рис. 4 и рис. 5 показывает, что в 1984 г. тоже были весенний и июльский минимумы осадков, но июньский максимум не проявился. В этом смысле произошло наложение двух одномесячных засух повышенной продолжительности друг на друга.

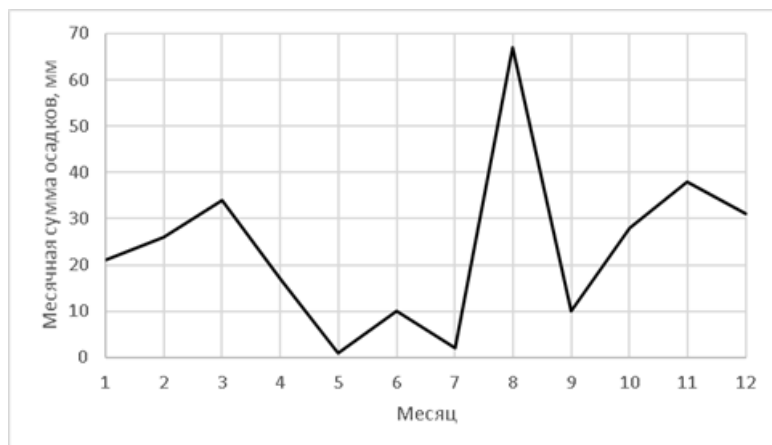


Рис. 5. Структура трехмесячной засухи 1984 г.

Подводя итог, можно сказать, что пока основную опасность в Крыму представляют двухмесячные засухи. За рассмотренные 50 лет засухи продолжительностью свыше шести декад подряд в период с апреля по август имели место 8 раз. То есть их повторяемость – примерно раз в 6 лет. Причем в 6 случаях из 8 эти засухи заканчивались уже после августа. Так, в 1958 г. в сентябре выпало всего 4 мм осадков, то есть это на самом деле была трехмесячная засуха.

Для прогнозирования длительных засух можно использовать также особенности изменения среднемесячных температур. Эти данные приведены в табл. 3 наряду с климатической нормой для базового периода 1961 – 1991 гг.

Из табл. 3 видно, что в годы продолжительных засух температура мая за исключением 1990 г. всегда превышала норму. Так, в 1968 г. – на 3,2оС. Как уже отмечалось, этот год приходится и на пик температуры воды в Черном море (рис. 1). А в июле температура в годы засух в основном была ниже нормы (в 1982 г. – на 2оС), хотя в 1963 г. она была на 1,5 градуса выше нормы. За исключением того же аномального 1963 г. (он тоже соответствует одному из пиков на рис. 1), температура января была обычно выше климатической нормы в годы продолжительных засух. Это особенно характерно для единственного года с трехмесячной засухой – 1984 г. Тогда температура января превышала норму на 3,3оС.

Таблица 3.

Среднемесячные температуры в годы двухмесячных засух

год	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август
1958	4,0	7,2	5,5	9,3	16,5	19,0	22,0	22,8
1961	3,1	1,8	6,3	12,1	15,2	20,7	21,8	22,7
1963	-0,1	6,2	3,6	9,0	16,2	20,4	23,7	23,3
1967	2,7	1,4	5,1	10,5	15,9	18,2	22,6	22,7
1968	2,8	4,4	6,3	11,8	18,2	19,0	21,2	20,7
1982	3,1	1,4	4,4	9,6	15,4	19,6	20,1	21,5
1984	6,1	3,7	6,7	9,6	16,1	19,5	21,4	20,5
1990	3,4	2,5	7,1	10,3	14,4	19,0	22,6	21,6
норма	2,8	3,2	5,6	10,0	15,0	19,6	22,2	22,0

Следует отметить, что в июле и августе в Крыму отмечаются максимальные среднемесячные температуры воздуха (табл. 3). Это соответствует повышенной

испаряемости в эти месяцы, что, в свою очередь, ведет к усилению засухи. С другой стороны, по данным измерений за последние 30 лет [\[11\]](#) именно на июль и август приходится наибольшее повышение среднемесячных температур в Крыму (до 20С).

Таким образом, именно в августе в ближайшем будущем следует ожидать наибольшего обострения проблемы дефицита воды в Севастополе и в Крыму. Вплоть до завоза пресной воды танкерами в отдельные прибрежные населенные пункты в условиях ЧС, как это было в Новороссийске в 1970 г., и как это делают сейчас в засуху в ряде стран Южной Европы. Для Крыма в этом плане подходят мелкосидящие танкеры река-море, танкеры-бункеровщики и речные танкеры [\[14\]](#).

Библиография

1. Алешина М.А., Семенов В.А. Изменения характеристик осадков на территории России в XX – XXI вв. по данным моделей CMIP5 // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2022. -- № 4. – С.424–440.
2. Бруевич Е.А., Якунина Г.В. Циклическая активность Солнца по наблюдениям индексов активности на разных временных шкалах // Вестник Московского университета. Серия 3. Физики. Астрономия. – 2015.-№ 4. – С. 66 – 74.
3. Дегтерев А.Х. Изменение климата Крыма за последние десятилетия // Вопросы безопасности. –2020. – № 2. – С. 1–6.
4. Осипов А.М., Гущина Д.Ю. Эль-Ниньо 2015 – 2016 гг.: эволюция, механизмы, сопутствующие удаленные аномалии // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2018, № 3. – С. 53 – 84.
5. Охлопков В.П. Циклы солнечной активности и конфигурации планет // Вестник Московского университета. Серия 3. Физики. Астрономия. – 2012.-№ 4. – С. 56 – 61.
6. Сывороткин В.Л. О геологической позиции Эль-Ниньо // Пространство и время. – 2012, № 2(8). – С. 169 – 173.
7. Черенкова Е.А. Количественные оценки атмосферных засух в федеральных округах Европейской территории России // Известия РАН. Серия географическая. – 2013, № 6. – С. 76–85.
8. Черенкова Е.А., Семенова И.Г., Кононова Н.К., Титкова Т.Б. Засухи и динамика синоптических процессов на юге восточно-европейской равнины в начале XXI века // Аридные экосистемы. – 2015, Т.21, № 2(63). – С. 5–15.
9. Черенкова Е.А. Засухи в Украине в ситуации влияния квазидвухлетней цикличности глобальных атмосферных процессов // Геополитика и экодинамика регионов. – 2014, Т.10, № 1. – С. 938–942.
10. Cook, B.I., Anchukaitis, K.J., Touchan, R., D.M. Meko, E.R. Cook. Spatiotemporal drought variability in the Mediterranean over the last 900 years. Journal of Geophysical Research: Atmospheres. – 2016, 121 (05), P. 2060–2074.
11. Comparative analysis of air temperature changes in the territory of Crimea for two successive 30-year climatic periods. FSBI "Crimean Department of Hydrometeorology and Environmental Monitoring". URL: https://meteo.crimea.ru/?page_id=7898.
12. North Atlantic Oscillation (NAO). National Centers for Environmental Information. National Oceanic and Atmospheric Administration. URL: <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/nao/>.
13. Cold & Warm Episodes by Season. National Weather Service. Climate Prediction Center. URL: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php

14. Наливные суда гражданского флота // Sea-Man.org, 23.01.2014. URL: <https://sea-man.org/nalivnye-suda.htm>

Результаты процедуры рецензирования статьи

В связи с политикой двойного слепого рецензирования личность рецензента не раскрывается.

Со списком рецензентов издательства можно ознакомиться [здесь](#).

Предмет исследования являются, по мнению автора, динамика повторяемости сильных засух в Крыму и попытка связать их с течением Эль-Ниньо.

Методология исследования, в статье не указаны, но исходя из анализа статьи можно сделать вывод о использовании методов анализа и фиксации наблюдения за динамикой метеорологических наблюдений, а также анализ литературных данных. К сожалению, автором статьи не указаны базы данных из которых получена информация о состоянии метеорологических элементов конкретных мест, автору статьи следовало бы уточнить понятие засухи для конкретного района, обозначив соответствующие коэффициенты.

Актуальность затронутой темы безусловна и состоит в получении информации о уменьшении количества осадков за определенный период времени и увеличения повторяемости засух, а также и увеличения количества и продолжительности засух. Длительное отсутствие осадков ведет к истощению запасов воды в водохранилищах и понижению уровня грунтовых вод, что сказывается на дебете скважин и представляют серьезную опасность для водоснабжения приморских регионов. Это позволяет выявить последствия от изменения погодно-климатических условий на характер природопользования.

Научная новизна заключается в попытке автора статьи на основе проведенных исследований сделать вывод о динамике засушливых периодов и закономерности их распределения как по сезонам года, так и с ритмическим характером метеорологических явлений, происходящих в атмосфере Земли. Это является важным направлением в развитии климатологии.

Стиль, структура, содержание стиль изложения результатов достаточно научный. Статья снабжена богатым иллюстративным материалом, что делает представленные автором статьи результаты весьма интересными.

Однако есть ряд вопросов, в частности:

Автор статьи справедливо замечает, что «...непосредственный корреляционный анализ здесь мало что дает в связи с запаздыванием реакции климатической системы в северном полушарии на изменение температуры с другой стороны Земного шара». В этой связи необходимо тщательное и аргументированное исследование закономерностей влияния двух удалённых друг от друга метеорологических феноменов.

Приводимые автором пример не является иллюстративным и целесообразным в связи с тем что площадь пожаров связана с не метеорологическими причинами, а с расторопностью и техническими возможностями служб МЧС. (...на берегах Тихого океана влияние Эль-Ниньо на осадки особенно заметно. Например, после сильного Эль-Ниньо 1997 –1998 г. только в Хабаровском крае летом выгорело 2 млн. га лесов).

В этой связи автору статьи на наш взгляд, следовало бы разделить исследование засухи на Крымском полуострове и исследование феноменов температурных аномалий, удалив из статьи материалы по Эль-Ниньо.

Автору статьи следовало бы выделить разделы статьи для лучшего восприятия целевую установку и задачи исследования.

Библиография весьма исчерпывающая для постановки рассматриваемого вопроса, но не содержит ссылки на методические рекомендации и технологические особенности

анализа климата.

Апелляция к оппонентам представлена в выявлении проблемы на уровне имеющейся информации, полученной автором в результате анализа.

Выводы, интерес читательской аудитории в выводах есть обобщения, позволившие применить полученные результаты. Целевая группа потребителей информации в статье не указана.