

УДК 551.588.7

## БИОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БЛАГОПРИЯТНОСТИ ПОГОДЫ ГОРОДОВ АЛМАТЫ И НУР - СУЛТАН

А.С. Базбекова<sup>1</sup>, А.М. Кауазов<sup>2</sup> к.г.н.

<sup>1</sup>РГП «Казгидромет», г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

e-mail: ayzhan.bazbekova@gmail.com, a\_kauazov@mail.ru

В статье анализируются количественные показатели суровости и благоприятности погоды для метеорологических станций Алматы и Нур-Султан с 2015 по 2020 года для теплого и холодного времени года. Рассчитаны индекс эквивалентно-эффективной температуры для теплого (апрель-сентябрь) и холодного (октябрь-март) сезонов года, индекс ветрового охлаждения по Сайплу и индекс суровости по Бодману. Произведена количественная оценка комфортности климата. Выявлено, что зима на МС Нур-Султан в 1,7 раза суровее, и ветровое охлаждение в 2,7 раз значительнее, чем на МС Алматы. Показано, что для оценки комфортности погоды наиболее предпочтительным, является индекс эквивалентно-эффективной температуры.

**Ключевые слова:** биоклимат, биометеорологические индексы, эквивалентно-эффективная температура, комфорт, дискомфорт

Поступила: 28.02.22

DOI: 10.54668/2789-6323-2022-104-1-17-30

### ВВЕДЕНИЕ

Изменение климата, как известно является актуальной проблемой на мировом и региональном уровне. При этом, климатические ресурсы и погодные особенности являются важнейшим элементом окружающей среды.

В настоящее время практически все климатические исследования направлены на изучение глобальных и региональных проявлений климатических проблем, причем большинство исследований посвящено анализу антропогенного воздействия на природную среду (Андреев С.С., 2011; Кауазов А.М. и др., 2020).

При этом, несколько упускается из виду, что человечество как вид уязвимо для изменения климата, не только вследствие воздействия чрезвычайных ситуаций природного характера, но и обычного режима погоды. Погодные условия (температура, влажность и ветер) непосредственно влияют на эффективность жизнедеятельности людей.

Для эффективного решения проблемы изменения климата и предотвращения

ухудшения качества природной среды, необходимо учитывать не только антропогенное влияние на окружающую среду, но и рассматривать возможное влияние изменения климата на человека. Кроме того, стратегия устойчивого развития человечества предполагает комплексный подход к решению глобальных экологических проблем, при этом климатические условия городов, а также их тенденция подлежит обязательному учету, так как является одним из важнейших факторов жизнедеятельности населения.

В этой связи, исследования изменений метеопараметров (температура, влажность и ветер) непосредственно влияющих на физиологические ощущения человека и оценка их динамики изменения являются особенно актуальными.

Отдельные метеоэлементы не всегда отражают физиологические ощущения человека. Для оценки комфортности и суровости погоды применяются биоклиматические показатели учитывающие совокупное воздействие этих параметров. Биоклиматические показатели (индексы) являются косвенными индикаторами оценки состояния окружающей человека среды, характеризую

в физическом отношении особенности её тепловой структуры (Андреев С.С., 2005). При этом исследования по биоклиматической тематике в Казахстане не многочисленны (Беку Б. и др., 2013; Нысанбаева А.С. и др., 2015) и не затрагивали региональных отличий и крупных городов, поэтому сравнительное рассмотрение биометеорологических показателей (Базбекова А.С., 2022) столицы страны – г. Нур-Султан и крупнейшего мегаполиса - г. Алматы в которых совокупно проживают около 15% населения страны представляет значительный интерес.

Цель данного исследования заключается в сравнительной оценке уровня комфортности погоды и климата городов Алматы и Нур-Султан с использованием биоклиматические показатели.

Основная задача данного исследования заключается в расчете и сравнении некоторых биоклиматических показателей по городам Алматы и Нур-Султан, а также оценке их информативности.

## ДАнные И МЕТОДИКА

$$ET = 37 - \frac{37-t}{0.68-0.0014 f + \frac{1}{1.76+1.4v^{0.75}}} - 0.29 t \left(1 - \frac{f}{100}\right) \quad (1)$$

где, ET-ЭЭТ, t - температура воздуха, °С; v - скорость ветра, м/с, f - относительная влажность, %.

Индекс ЭЭТ предложенный Миссенардом учитывает комплексное влияние температуры воздуха, влажности и скорости ветра.

Зона комфорта по значениям эквивалентно-эффективной температуры находится

$$S = (1 - 0,04 t) * (1 + 0,272 V) \quad (2)$$

где, S – индекс суровости (баллы), t – температура воздуха, °С; V – скорость ветра, м/с. Данный индекс служит для оценки суровости зимних условий, характеризующий «жесткость» зимней погоды в условных единицах по шкале баллов «жесткости»

$$WCIs = (10.45 + 10v - v) (33 - t) \quad (3)$$

где, WCIs - ветро-холодовой индекс, t – температура среды, °С, v – скорость ветра, м/с.

Исходными данными являлись срочные значения температуры воздуха, относительной влажности и скорости ветра по метеорологическим станциям Алматы и Нур-Султан с 2015 по 2020 года за теплый (апрель-сентябрь) и холодный (октябрь-март) периоды года. Известно большое количество различных индексов (Андреев С.С., 2007; Исаева М.В., 2009; Исаев А.А., 2001; Ткачук С.В., 2011; Ткачук С.В., 2012). Многие из них сложные в расчете или требуют специфические данные. В данном исследовании предпочтение отдавалось индексам не требующих специальных данных в виду их ограниченности и слабой доступности, а также простых в расчете, т.е. удобных для практического применения. Из всего многообразия биоклиматических индексов, критериев и показателей уровня комфортности были выбраны три наиболее подходящих для наших условий и набора данных показателя.

*Эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ):*

в пределах значений индекса 17,3...21,7.

Согласно предложенной Миссенардом (Исаева М.В., 2009), формуле среднемесячные значения тепловой чувствительности человека варьируются от умеренно теплой летом, до опасной с угрозой обморожения в зимние месяцы.

*Индекс суровости по Бодману (S):*

(табл. 2). В основу расчетов было принято время, необходимое для охлаждения сосуда с водой, от температуры +30 °С до +20 °С (Андреев С.С., 2005).

*Индекс ветрового охлаждения по Сайплу (WCIs):*

Ветро-холодовой индекс, пред-  
ложенный Сайплом, оценивает

Таблица 1

Классификация тепловой чувствительности по значениям ET

Интервал эквивалентно-эффективной температуры, ET °C		Уровень комфорта
От	До	
Более +30		Тепловая нагрузка сильная
24	30	Тепловая нагрузка умеренная
18	24	Комфортно-тепло
12	18	Комфорт (умеренно-тепло)
6	12	Прохладно
0	6	Умеренно прохладно
0	-6	Очень прохладно
-6	-12	Умеренно холодно
-12	-18	Холодно
-18	-24	Очень холодно
Ниже -24		Угроза обморожения

Таблица 2

Шкала Бодмана для характеристики зимнего периода

Балл «суровости» S	Характеристика зимы
Менее 1	Несуровая, мягкая
1-2	Мало-суровая
2-3	Умеренно-суровая
3-4	Суровая
4-5	Очень суровая
5-6	Жестко-суровая
Более 6	Крайне-суровая

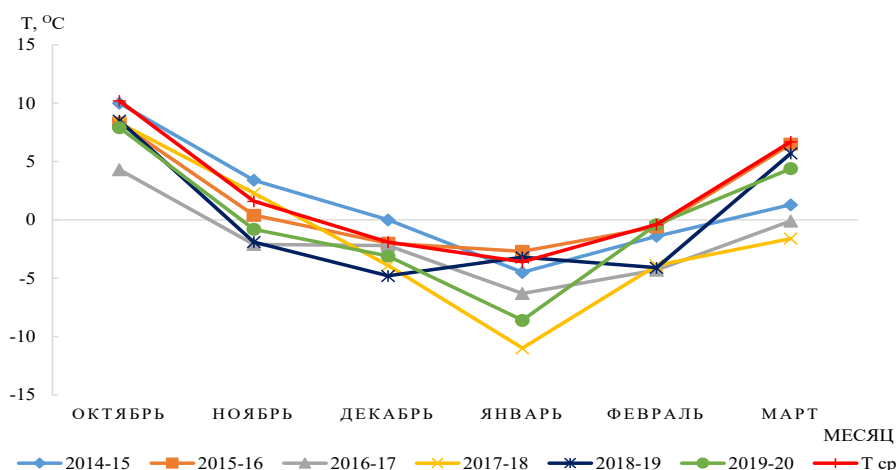
отрицательной температуры воздуха и скорости ветра на тепловое состояние человека, определяется по таблицам или номограмме (Андреев С.С., 2005).

Полученные значения индекса интерпретируются в следующих градациях: 600...800 прохладно, 800...1000 холодно, 1000...1200 очень холодно, 1200...2500 жестко холодно, более 2500 невыносимо холодно. Из данных по температуре, влажности и скорости ветра за все 8 сроков были рассчитаны среднесуточные значения, а из них далее среднемесячные значения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты расчета основных биоклиматических индексов в те-

плый (апрель-сентябрь) и холодный (октябрь-март) периоды года для МС Алматы и Нур-Султан с 2015 по 2020 года, представлены ниже в виде рисунков и таблиц. Эквивалентно-эффективная температура. Анализ динамики изменения значений ЭЭТ (рис.1) показал, что на МС Алматы за холодный период ЭЭТ изменялась в пределах от 10,0 до минус 11,0°С, что соответствует изменениям уровня комфорта от «прохладно» до «умеренно холодно». В октябре уровень комфорта оценивался как «прохладно». В октябре 2017, ноябре 2015, 2016, 2018, марте 2015, 2019 и 2020 года умеренно прохладно. В ноябре, декабре, январе 2015, 2016, 2019 года, феврале и марте 2017 и 2018 года как «очень прохладно». В январе и марте как «умеренно холодно».

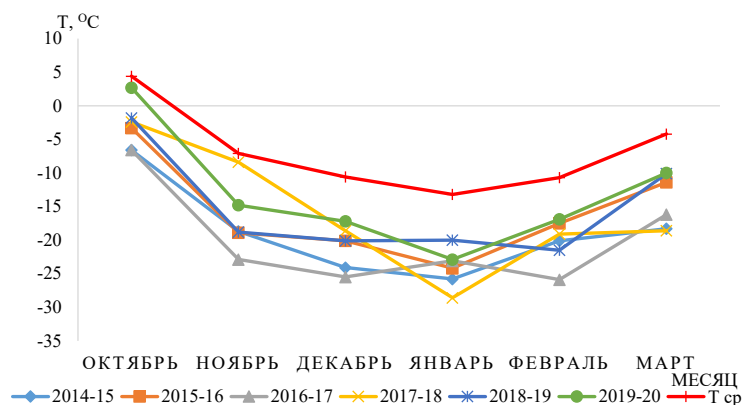


**Рис.1.** Динамика значений ЭЭТ и среднемесячной температуры воздуха в холодный период по годам с 2015 по 2020 гг на МС Алматы

В целом, в октябре и марте преобладают положительные значения ЭЭТ и среднемесячной температуры за холодный период с 2015 по 2020 года. Минимальные значения приходится на январь. Межгодовые различия за рассматриваемый период не значительные и не превышают 5°C в осенний период, в январе и марте межгодовая разница достигает максимальных значений 10 о С. Минимальное значение, отмечавшееся в январе 2018 года, объясняется влиянием низкой температура воздуха. В целом ухудшение условий наступает не резко, плавно опускаясь и достигая минимума в январе с дальнейшим ростом температуры.

Анализ динамики изменения значений ЭЭТ (рис.2) показал, что на МС Нур-Султан за холодный период ЭЭТ изменялась в пределах от 2,7 до минус 28,6 °С, что соответствует изменениям уровня комфорта от «умеренно прохладно» до «угрозы обморожения».

В октябре уровень комфорта оценивался как «очень холодно». В октябре 2017 и ноябре 2018 года как «умеренно прохладно». В ноябре и марте как «холодно». В декабре, январе 2019 года, феврале и марте как «очень холодно». В декабре 2015, 2017 года, январе, феврале 2017 и марте 2015, 2018 года уровень комфорта оценивался как «угроза обморожения».



**Рис. 2.** Динамика значений ЭЭТ и среднемесячной температуры воздуха в холодный период по годам с 2015 по 2020 гг. на МС Нур-Султан

Показатели погоды в г. Нур-Султан по сравнению с г. Алматы характеризуются менее благоприятными условиями. Подавляющее большинство, значения ЭЭТ и среднемесячной температуры за холодный период с 2015 по 2020 года, были ниже 0 о С, при этом большинство значений кроме

октября, были ниже минимальных наблюдаемых в Алматы. Например, значения ЭЭТ в Нур-Султане за период ноябрь-февраль, в два раза ниже чем в Алматы в самый холодный месяц - январь. Минимальные значения также приходится на январь и в два раза ниже чем в Алматы. Максимальное

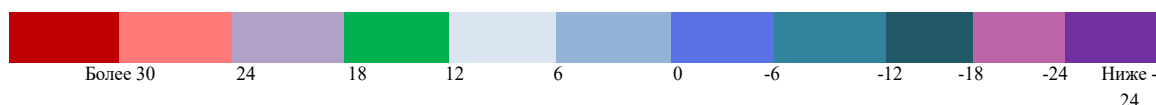
значение приходится на октябрь 2020 года. Межгодовые различия за рассматриваемый период значительные и составили 15°C. В целом ухудшение условий по сравнению с Алматы наступает резко, достигая низких значений уже в ноябре и сохраняясь

на этом уровне до февраля с дальнейшим повышением ЭЭТ в марте. При этом в марте наблюдаются устойчиво отрицательные значения минус 5...20°C, что значительно ниже чем в Алматы (от минус 2 до 7°C).

Таблица 3

Уровни комфорта для г. Алматы (а) и г. Нур-Султан (б) в холодный период

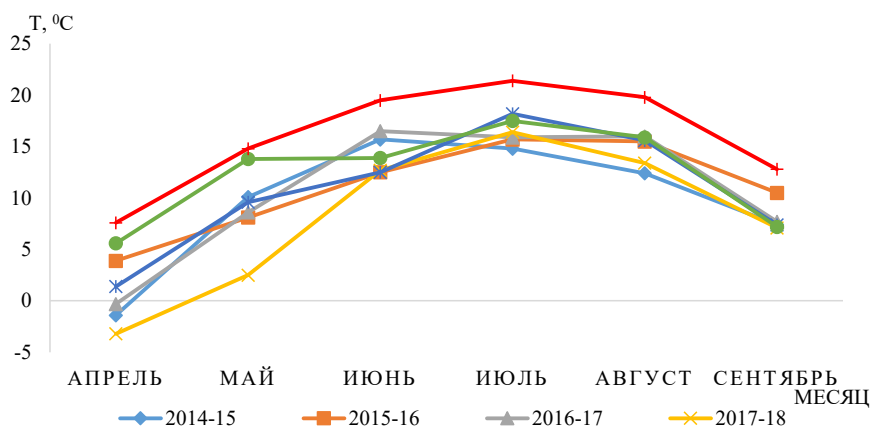
	октябрь		ноябрь		декабрь		январь		февраль		март	
	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
2014-15	10	-6,6	3,4	-18,7	0	-24,1	-4,5	-25,8	-1,4	-20,1	1,3	-18,3
2015-16	8,3	-3,3	0,4	-18,9	-2	-20,1	-2,7	-24	-0,6	-17,5	6,5	-11,4
2016-17	4,3	-6,6	-2,1	-22,9	-2,2	-25,5	-6,3	-23,1	-4,3	-25,9	-0,1	-16,2
2017-18	8,3	-2,4	2,3	-8,4	-3,9	-18,6	-11	-28,6	-3,9	-19,1	-1,6	-18,6
2018-19	8,5	-1,8	-1,9	-18,8	-4,8	-20,1	-3,2	-20	-4,1	-21,5	5,7	-10,1
2019-20	7,9	2,7	-0,8	-14,8	-3,1	-17,2	-8,6	-22,9	-0,4	-16,9	4,4	-10



Тепловая нагрузка сильная    Тепловая нагрузка умеренная    Комфорт-тепло    Комфорт    Прохладно    Умеренно прохладно    Очень прохладно    Умеренно холодно    Холодно    Очень холодно    Угроза обморожения

Средняя разница значений ЭЭТ за холодный период между городами составила 16,5°C, при этом в Алматы значения были выше. Среднее стандартное отклонение для г. Алматы меньше, чем для г. Нур-Султан, и составило 2,4 и 3,7°C соответственно. В среднем, уровень комфортности погоды в Нур-Султане в 3 раза хуже, чем в Алматы во все месяцы, кроме октября. При этом, самые суровые условия в Алматы, которые наблюдаются в январе, соответствуют или суровее условий погоды в октябре или в марте в Нур-Султане. Анализ динамики изменения значений ЭЭТ (рис.3) за теплый период на МС Алматы показал, что ЭЭТ изменялась в пределах от 7,1 до 22,1°C, что соответствует грациям уровням комфорта от «прохладно» до «комфортно-тепло». В апреле уровень комфорта оценивался как «прохладно». В мае, июне 2017 и 2020 года,

августе 2017 года, сентябре как «комфорт». В июне, июле и августе как «комфорт-тепло». За рассматриваемый период, значения ЭЭТ наблюдались выше 7°C, а значения среднемесячной температуры выше 13 о С. Минимальные значения ЭЭТ приходились на апрель. В теплый период года, по сравнению с холодным, разброс значений ЭЭТ невелик. Межгодовые различия за теплый период не значительные и не превышают 3°C в летний период, 4...5 °C в межсезонье. Изменения условий погоды имеют плавный ход, отмечается повышение условий комфортности, наблюдавшийся в марте, достигая максимальных значений в июле, а далее отмечается ухудшение условий. Наибольший разброс значений ЭЭТ по годам, отмечается в апреле-мае (более 10°C) с дальнейшей стабилизацией условий с разбросом около 7°C в остальные месяцы.

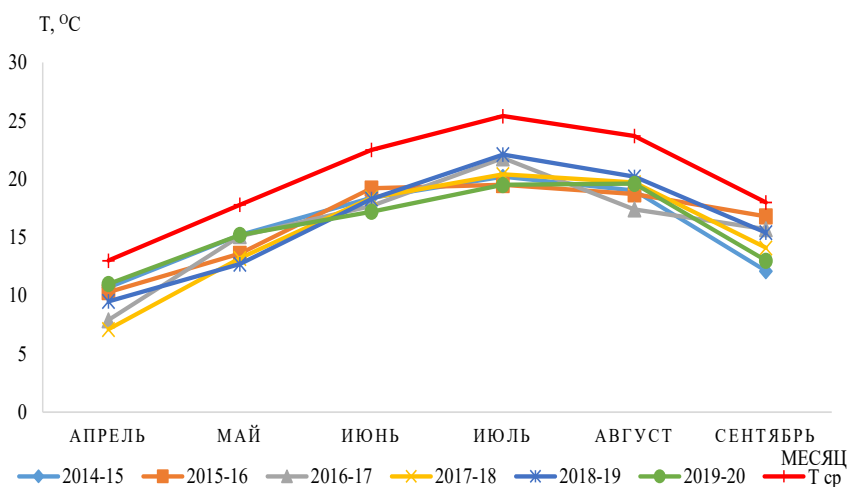


**Рис. 3.** Динамика значений ЭЭТ и среднемесячной температуры воздуха в теплый период по годам с 2015 по 2020 гг на МС Алматы

Анализ динамики изменения значений ЭЭТ (рис. 4) за теплый период на МС Нур-Султан показал, что ЭЭТ изменялась в пределах от минус 3,2 до 18,2°C, уровень комфорта изменялся от «очень прохладно» до «комфортно-тепло». В апреле уровень комфорта оце-

нивался как «умеренно холодно».

В апреле 2015, 2017 и 2018 года как «очень прохладно». В мае, как «умеренно прохладно» в 2018 году, «прохладно» и «комфорт» в 2020 году. В июне, июле и августе как «комфорт», в июле 2019 года как «комфортно-тепло». В сентябре как «прохладно».



**Рис. 4.** Динамика значений ЭЭТ и среднемесячной температуры воздуха в теплый период по годам с 2015 по 2020 гг на МС Нур-Султан

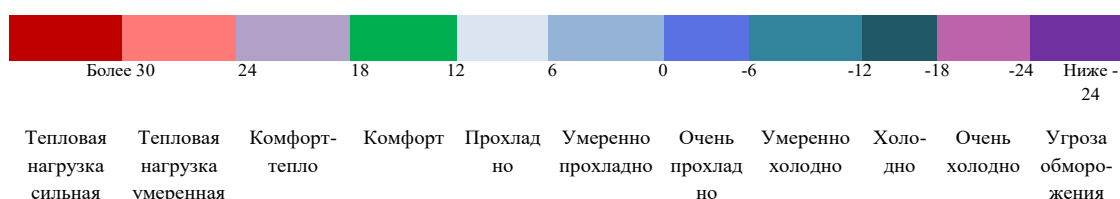
Погодные условия в теплый сезон в Нур-Султане, заметно прохладнее, чем в Алматы. Минимальное значение ЭЭТ в Алматы отмечавшийся в апреле, наблюдается в Нур-Султане в мае, при этом наименьшее значение для г. Нур-Султан в апреле, было 2 раза ниже, чем в Алматы. Ход ЭЭТ более резкий и имеет значительные разбросы. Межгодовые различия за рассматриваемый период незначительные в летний период и сентябре 4°C, и значительны в весенний период около

11°C. Разница среднемесячной температуры и ЭЭТ, в летние период и сентябре составляет около 7°C, в весенний период около 11...12°C, это свидетельствует о том, что ход среднемесячной температуры и ЭЭТ в г. Алматы имеет плавный ход и значения почти близки.

Средняя разница значений ЭЭТ за теплый период между городами составила 5,5°C. При этом в Алматы среднее значение за сезон было выше в 2 раза. Наибольшее среднее стандартное

Уровни комфорта для г. Алматы (а) и г. Нур-Султан (б) в теплый период

	апрель		май		июнь		июль		август		сентябрь	
	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
2014-15	10,7	-1,4	15,2	10,1	18,4	15,7	20,2	14,8	19	12,4	12,1	7,4
2015-16	10,3	3,9	13,6	8,1	19,2	12,5	19,5	15,7	18,7	15,5	16,8	10,5
2016-17	7,9	-0,3	15,1	8,6	17,7	16,5	21,8	15,9	17,4	16	15,7	7,7
2017-18	7,1	-3,2	13,2	2,5	18,4	12,7	20,4	16,4	19,7	13,4	14,1	7,1
2018-19	9,5	1,4	12,7	9,6	18,3	12,5	22,1	18,2	20,2	15,6	15,4	7,4
2019-20	11	5,6	15,2	13,8	17,2	13,9	19,5	17,5	19,6	15,9	13	7,2



отклонение для г. Алматы составило 1,8°C, а для г. Нур-Султан 3,7°C, среднее за сезон составило 1,2 и 2,1°C соответственно.

В целом летние месяцы (июнь, июль и август) по условиям одинаково комфортные и в Алматы, и в Нур-Султане. При этом в Алматы температура выше, и находится на одну градацию выше, но тем не менее оставаясь в комфортном диапазоне (комфорт-тепло).

В переходные месяцы (апрель, май и сентябрь) наиболее комфортные условия отмечались в Алматы, где май и сентябрь находятся в диапазоне комфорт, тогда как в Нур-Султане прохладно.

Ход средней температуры воздуха за холодный и теплый периоды с 2015 по 2020 года описывает ход ЭЭТ для двух станций (рис 5, 6). По значениям среднемесячных данных ЭЭТ за холодный период на МС Алматы и МС Нур-Султан наблюдаются условия от субкомфортных до дискомфортных, за теплый период на МС Алматы от субкомфортных до комфортных, а на МС Нур-Султан от дискомфортных до комфортных. Необходимо отметить, что минимальное значение ЭЭТ на МС Нур-Султан ниже, чем на МС Алматы (минус 28,6°C и минус 11,0°C соответственно). В теплый период, разница наибольших значений ЭЭТ между двумя станциями незначительная. Анализируя значения ЭЭТ за

сезон, было получено, что на двух станциях отмечаются дискомфортные условия в зимний период, и комфортные в летний период.

Анализирую ход кривых температуры воздуха и ЭЭТ за сезон (рис. 5, 6), было установлено, что на МС Алматы ход более устойчивый, средний разброс значений ЭЭТ за холодный сезон составляет от минус 1,8 до 0°C, за теплый от 15,5 до 16,4°C. На МС Нур-Султан ход менее стабильный, средний разброс значений ЭЭТ за холодный сезон отмечаются от минус 20,0 до минус 13,2°C, за теплый от 8,2 до 12,3°C. В холодный период года хорошо заметно отличие значений между двумя станциями. Например, если по температуре воздуха различия не сильно выражены, то по ЭЭТ заметна существенная разница, на МС Алматы среднее значение ЭЭТ за холодный сезон составляет минус 0,1°C, то на МС Нур-Султан минус 16,6°C (за теплый 16,0°C и 10,5°C соответственно). Это демонстрирует необходимость и информативность биоклиматических индексов.

Оценивая количество дней повторяемости определенной градации ЭЭТ, было выделено, что наибольшее количество 467 (21,4%) и 385 дней (17,4 %) наблюдается в интервале ЭЭТ от 12 до 18°C для Алматы и Нур-Султан соответственно, что характеризует уровень комфорта как «комфорт».

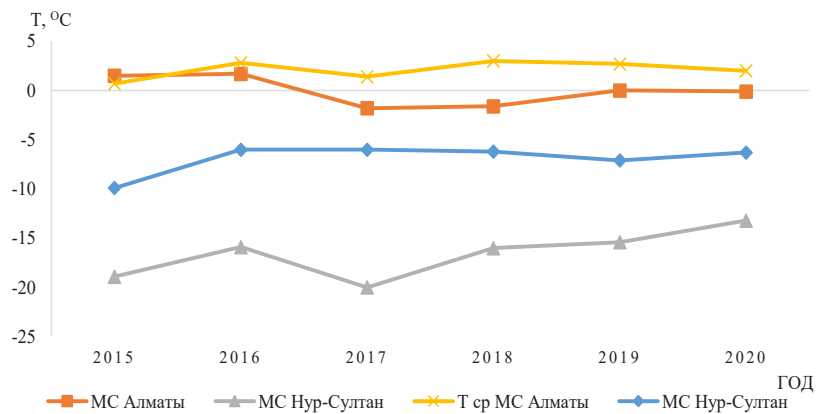


Рис. 5. Динамика значений ЭЭТ и среднемесячной температуры воздуха в холодный период по годам с 2015 по 2020 гг на МС Нур-Султан

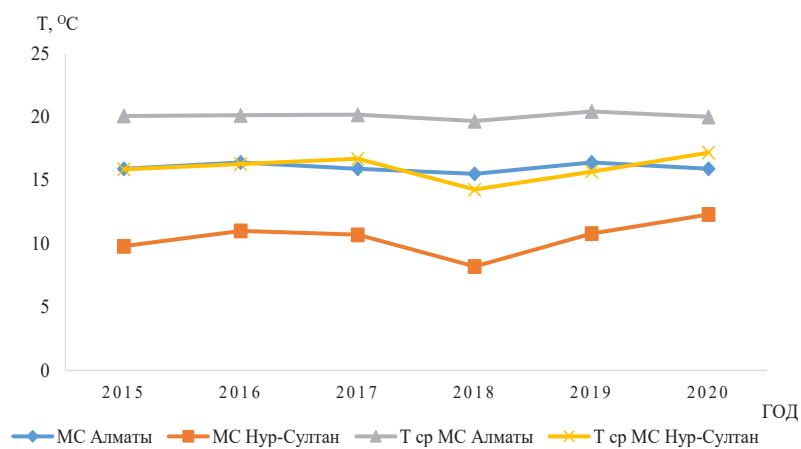


Рис. 6. Динамика значений ЭЭТ и среднемесячной температуры воздуха в теплый период по годам с 2015 по 2020 гг на МС Нур-Султан

Необходимо отметить, что для г. Алматы интервал эквивалентно-эффективной температуры ниже минус 24 о С составляет 3 дня (0,1 %), а для г. Нур-Султан 193 дня (8,8 %), что указывает на наличие угрозы

обморожения. Так же по полученным данным, в двух городах не наблюдается сильная тепловая нагрузка, то есть значений ЭЭТ выше 30°С (рис. 7 и 8, таб. 1.5 и 1.6)

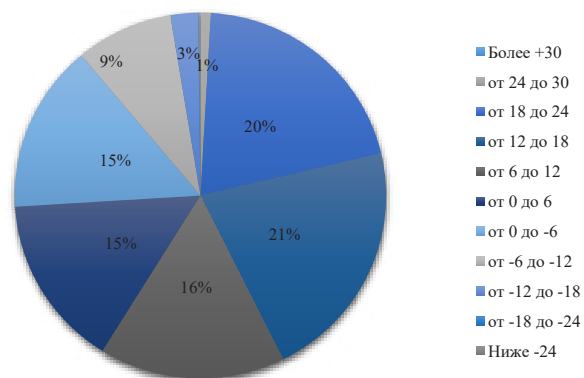


Рис. 7. Повторяемость эквивалентно-эффективной температуры на МС Алматы в %

Индекс суровости по Бодману. Для работы использовался индекс суровости погоды, предложенный Бодманом.



Таблица 5

Повторяемость эквивалентно-эффективной температуры на МС Алматы

Интервал ЭЭТ, ЕТ	Количество дней	%
Более +30		
от 24 до 30	19	0,9
от 18 до 24	446	20,4
от 12 до 18	467	21,4
от 6 до 12	354	16,2
от 0 до 6	333	15,2
от 0 до -6	325	14,9
от -6 до -12	185	8,5
от -12 до -18	52	2,4
от -18 до -24	3	0,1
Ниже -24	3	0,1

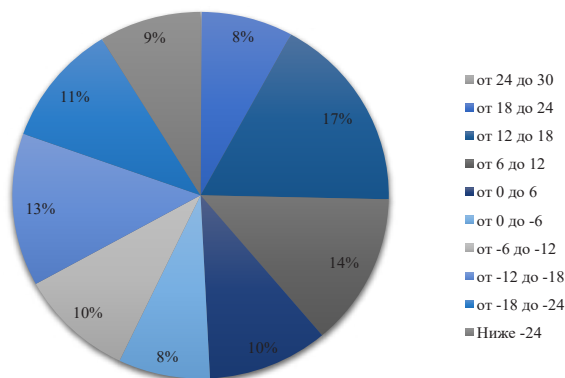


Рис. 8. Повторяемость эквивалентно-эффективной температуры на МС Нур-Султан в %

Таблица 6

Повторяемость эквивалентно-эффективной температуры на МС Нур-Султан

Интервал ЭЭТ, ЕТ	Количество дней	%
Более +30		
от 24 до 30		0,0
от 18 до 24	174	7,9
от 12 до 18	382	17,4
от 6 до 12	296	13,5
от 0 до 6	227	10,4
от 0 до -6	172	7,9
от -6 до -12	216	9,9
от -12 до -18	296	13,5
от -18 до -24	236	10,8
Ниже -24	193	8,8

Анализируя полученные результаты (рис.9) было установлено, в г. Алматы зима характеризуется как «мало-суровая»,

среднее значение балла суровости за указанный период наблюдения составляет 1,4 балла. В свою очередь зима в г. Нур-Султан

характеризуется как «умеренно-суровая», средний балл суровости составил 2,4.

Зима более суровая в г. Нур-Султан, чем в г. Алматы. Условия оцениваются, как субкомфортные и комфортные соответственно.

Наибольшее среднее значение в баллах «жесткости погоды» для г. Алматы и г. Нур-Султан наблюдалось в январе 2018 года, 1,8 и 2,8 соответственно.

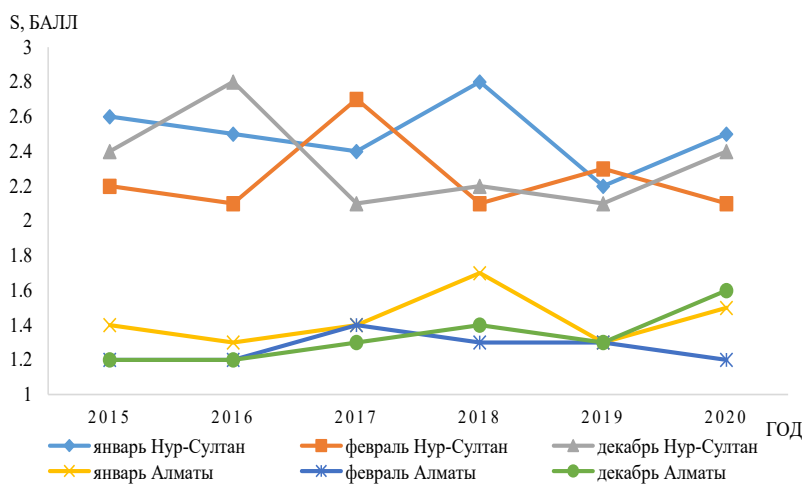


Рис.9. Индекс суровости по Бодману на МС Алматы и Нур-Султан

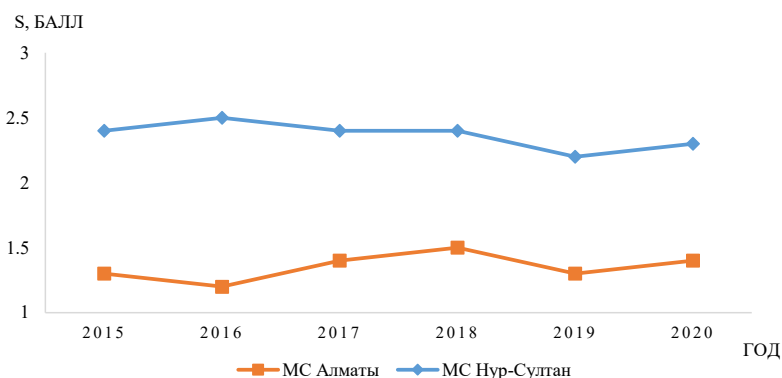
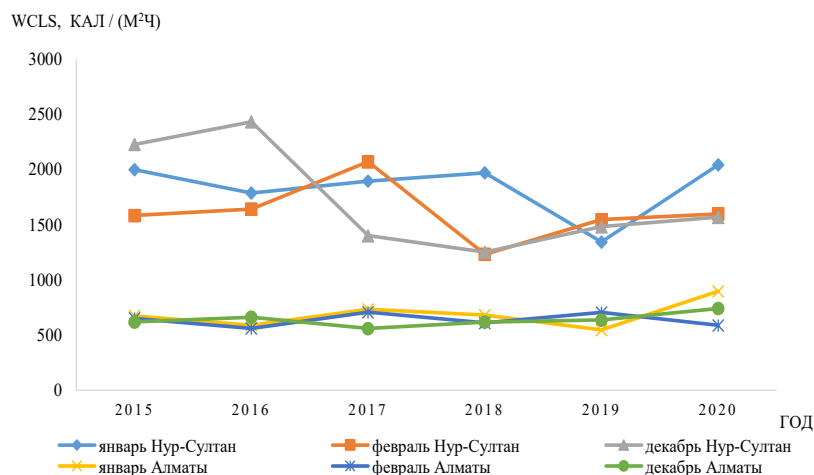


Рис.10. Среднее значение индекса суровости (декабрь-февраль) по Бодману на МС Алматы и Нур-Султан

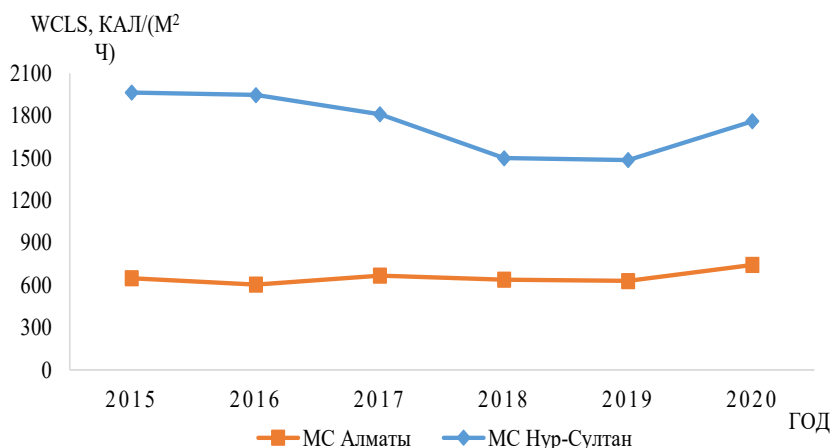
Анализируя ход индекса суровости по Бодману (рис. 10), было показано, что наименьшее значение балла суровости за зиму, для г. Нур-Султан было в 2 раза выше чем для Алматы, составило 2,2 в 2019 году и 1,2 в 2016 году соответственно. Наибольшее значение в 2016 году, так же было выше в 1,5 раза. Оценив среднее значения индекса за указанный период наблюдения, отмечено, что климат в Нур-Султане суровее, чем в Алматы в 1,7 раз. Неблагоприятную ситуацию, отражаемую указанным показателем, можно объяснить тем, что в зимний период в г. Нур-Султан отмечались более низкие температуры воздуха, чем в г. Алматы. Индекс ветрового охлаждения по Сайплу. Для

того чтобы оценить один из важных в зимний период метеорологический фактор - скорость ветра, необходимо дополнить результаты индекса суровости по Бодману, расчетом индекса Сайпла (Синицын И.С. и др., 2013). Анализируя полученные расчеты (рис. 7, 8) индекса ветрового охлаждения по Сайплу, было установлено, что для г. Алматы теплоощущения человека оцениваются как «прохладно» и «холодно», среднее значение за период наблюдения составляет 657 кал/(м<sup>2</sup>ч). В свою очередь, для г. Нур-Султан как «жестко холодно», среднее значение за период наблюдения составляет 1745 кал/(м<sup>2</sup>ч). Ветровое охлаждение более заметно выражено в Нур-Султане.



**Рис.11.** Индекс ветрового охлаждения по Сайплу (WCIs) на МС Алматы и Нур-Султан

Среднее значение изменяются от Максимальное значение индекса в 1200 до 2000 кал/(м²ч), в то время Нур-Султане значительно пример- как в Алматы от 560 до 730 кал/(м²ч). но в 3 раза, за счет скорости ветра.



**Рис.12.** Среднее значение индекса ветрового охлаждения (декабрь-февраль) по Сайплу (WCIs) на МС Алматы и Нур-Султан

Анализ (рис. 12) показывает, что в г. Нур-Султан прослеживается выраженная тенденция к снижению ветрового охлаждения, вероятнее всего вследствие снижения скорости ветра из-за интенсивной застройки и высадки лесов. Ветровое охлаждение на МС Нур-Султан значительно, чем на МС Алматы в 2,7 раза.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном исследовании были выбраны три наиболее подходящих биоклиматических показателей с учетом условий Казахстана и доступности используемых данных. Далее были рассчитаны биоклиматические показатели для городов Алма-

ты и Нур-Султан за период с 2015 по 2020 годы. Проведен сравнительный анализ данных. Выявлены значительные различия между городами по всем трем индексам:

1. Показатели погоды по индексу ЭЭТ характеризуют условия в г. Нур-Султан как менее благоприятные по сравнению с г. Алматы. В среднем, уровень комфортности погоды в холодный период в Нур-Султане в 3 раза хуже, чем в Алматы во все месяцы, кроме октября. При этом, самые суровые условия в Алматы, которые наблюдаются в январе, соответствуют или суровее условий погоды в октябре или в марте в Нур-Султане.

По значениям ЭЭТ с 2015 по 2020 года за холодный период, на МС Нур-Султан наблюдаются 193 дня с угрозой обморожения.

На МС Алматы данное значение значительно ниже и составляет всего 3 дня.

В теплый период в г. Алматы ЭЭТ изменялась в пределах от 7,1 до 22,1°C, что соответствует градациям уровням комфорта от «прохладно» до «комфортно-тепло», в Нур-Султане в пределах от минус 3,2 до 18,2°C, уровень комфорта изменялся от «очень прохладно» до «комфортно-тепло».

Погодные условия в теплый сезон между городами также различаются, но в меньшей степени. Наибольшие отличия наблюдаются в мае. В этот месяц комфортность погоды в Нур-Султане на две градации ниже чем в Алматы, при этом в Алматы погода оценивается как комфортная. В целом, в теплый период Нур-Султане, менее комфортен (на одну градацию), чем в Алматы.

2. Согласно полученным результатам расчета индекса ветрового охлаждения по Сайплу, было установлено, что зимы в г. Нур-Султан примерно в 3 раза суровее чем в г. Алматы. Так, в Алматы теплоощущения человека оцениваются от «прохладно» до «холодно», а в г. Нур-Султан, преимущество «жестко холодно». Уровень ветрового охлаждения в Нур-Султане в 2,7 раза выше чем в г. Алматы.

3. Согласно индексу суровости Бодмана, зима в г. Алматы характеризуется как «мало-суровая», а в г. Нур-Султан как «умеренно-суровая». В целом, погодные условия в зимний период в Нур-Султане в 1,7 раз суровее, чем в Алматы.

Анализ биоклиматических показателей, показал, что в целом по двум городам биоклиматические условия в теплый период года характеризуются как комфортные, а в холодный период оцениваются как дискомфортные. Однако, условия зимнего периода в Нур-Султане значительно суровее. В летний период разница условий комфортности на двух станциях менее заметна.

Также в Алматы отмечают более комфортные условия, выражающиеся в более стабильной погоде.

По результатам сравнения погодных условий в течение нескольких лет на двух различных по условиям метеорологических станциях, правомерно заключить, что наи-

более предпочтительным, является индекс эквивалентно-эффективной температуры, преимущество которого заключается в возможности использования, как для холодного, так и для теплого сезонов года и более детализированного (за счет большего числа градаций) описания тепловой чувствительности.

При этом стоит отметить, что недостаток индекса ЭЭТ состоит в недоучете теплоощущения человека от нагревания солнечной радиацией. Однако, данное обстоятельство не является значительным недостатком, так как влияние солнечной радиации в холодное время года в виду значительной облачности, оценивается как не существенное и кроме того, данные о солнечной радиации не используются в оперативных прогнозах и малодоступны.

Учитывая, что температура воздуха зачастую не отражает реальный комплекс погодных условий, целесообразно рассмотреть возможность использования в ежедневных прогнозах погоды для населения индексов ЭЭТ для лучшего информирования (Базбекова А.С., 2022).

Дальнейшее развитие исследования видится в изучении динамики изменения комфортности погоды в городах за более длительный период.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Андреев С.С. Биоклиматические показатели (индексы) // Известия вузов. Серия Естественные науки. – Ростов, 2007. – № 4(140). – С. 109-110.
2. Андреев С.С. Интегральная оценка климатической комфортности на примере территории Южного Федерального округа России. – СПб: Изд. РГГМУ, 2011. – 304 с.
3. Андреев С.С. Человек и окружающая среда Ростов-на-Дону. Изд. АПСН СКНЦ ВШ, 2005. – 272 с.
4. Базбекова А.С. Оценка динамики изменений температурно-влажностных и ветровых условий по основным городам Казахстана: автореф. дис. – Алматы, 2022. – 105 с.
5. Беку Б., Нысанбаева А.С. Оценка биоклиматических условий юга и юго-востока Казахстана // Гидрометеороло-

из экология. – Алматы, 2013. – №1(68). – С. 65-73.

6. *Исаева М.В.* Пространственно-временная изменчивость основных биоклиматических показателей на территории Приволжского округа // Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: новые методы и технологии исследований. Сб. трудов Всероссийской научной конференции. – Казань, - 2009. - Т.2.- С.116-120.

7. *Исаев А.А.* Экологическая климатология. – М.: Научный мир, 2001. – 456 с.

8. *Кауазов А.М., Нурлан А.Н., Жолдасбек А.Е., Бозбекова А.С.* Возможность использования данных модели Noah/GSFC в рамках проекта FEWSNET/USGS / EROS для оперативного гидрологического прогнозирования в Северном Казахстане // Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2020. – №3(98). – С. 111-124.

9. *Нысанбаева А.С., Әбдіразақ А.К.* Оценка биоклиматических условий города Тараз // Вестник КазГУ. Серия Экология. – Алматы, 2015. – №1 (40). – С.37-44.

10. *Синицын И.С., Георгица И.М., Иванова Т.Г.* Биоклиматическая характеристика территории в медико-географических целях // Ярославский педагогический вестник. – 2013. – №4. – С. 279-283.

11. *Ткачук С.В.* Сравнительный анализ биоклиматических индексов для прогноза с использованием мезомасштабной модели // Ученые записки. – СПб: Изд. РГГМУ, 2011. – №20. – С. 109-118.

12. *Ткачук С.В.* Обзор индексов степени комфортности погодных условий и их связь с показателями смертности // Труды Гидрометцентра России. – 2012. – Вып. 347. – С. 223–245.

## REFERENCES

1. *Andreev S.S.* Bioklimaticheskie pokazateli (indeksey) (Bioclimatic indicators (indices)). *Izvestiya vuzov, Ser. Estestvennye nauki, Rostov, 2007, No 4 (140), pp. 109-110.*

2. *Andreev S.S.* Integral'naya otsenka klimaticheskoi komfortnosti na primere territorii Yuzhnogo Federal'nogo okruga Rossii (Integral assessment of climatic comfort on the example of the territory of the Southern Federal District of Russia). *Sankt-Peterburg, 2011, 304 p.*

3. *Andreev S.S.* Chelovek i okruzhayushchaya

sreda (Man and the environment). *Rostov-na-Donu, 2005, 272 p.*

4. *Bazbekova A.S.* Otsenka dinamiki izmeneniya temperaturno-vlazhnostnykh i vetrovykh uslovii po osnovnym gorodam Kazakhstana: avtory. dis. *Almaty, 2022, 105 p.*

5. *Beku B., Nysanbaeva A.S.* Otsenka bioklimaticheskikh uslovii yuga i yugovostoka Kazakhstana (Assessment of bioclimatic conditions in the south and southeast of Kazakhstan). *Gidrometeorologiya i ekologiya, Almaty, 2013, No 1 (68), pp. 65-73.*

6. *Isaeva M.V.* Prostranstvenno-vremennaya izmenchivost' osnovnykh bioklimaticheskikh pokazatelei na territorii Privolzhskogo okruga (Spatial and temporal variability of the main bioclimatic indicators on the territory of the Volga region). *Okruzhayushchaya sreda i ustoychivoe razvitie regionov: novye metody i tekhnologii issledovaniy. Proc. Conf. Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii. Kazan', 2009, Vol.2, pp.116-120.*

7. *Isaev A.A.* Ekologicheskaya klimatologiya (Environmental climatology). *Moscow. Nauchnyi mir, 2001. 456 p.*

8. *Kauazov A.M., Nurlan A.N., Zholdasbek A.E., Bozbekova A.C.* Vozmozhnost' ispol'zovaniya dannykh modeli Noah, GSFC v ramkakh proekta FEWSNET, USGS, EROS dlya operativnogo gidrologicheskogo prognozirovaniya v Severnom Kazakhstane (The possibility of using Noah, GSFC model data within the FEWSNET, USGS, EROS project for operational hydrological forecasting in Northern Kazakhstan). *Gidrometeorologiya i ekologiya, Almaty, 2020, No 3(98), pp. 111-124.*

9. *Nysanbaeva A.S., Әбдіразақ А.К.* Otsenka bioklimaticheskikh uslovii goroda Taraz (Assessment of climatic conditions in Taraz city). *Vestnik KazGU, Ser. Ekologiya, Almaty, 2015, No 1 (40). pp. 37-44.*

10. *Sinitsyn I.S., Georgitsa I.M., Ivanova T.G.* Bioklimaticheskaya kharakteristika territorii v mediko-geograficheskikh tselyakh (Bioclimatic characteristics of the territory for medical and geographical purposes). *Yaroslavskii pedagogicheskii vestnik, 2013, No 4, pp. 279-283.*

11. *Tkachuk S.V.* Sravnitel'nyi analiz bioklimaticheskikh indeksov dlya prognoza s ispol'zovaniem mezomasshtabnoi modeli

(Comparative analysis of bioclimatic indices for prediction using a mesoscale model). *Uchenye zapiski, Sankt-Peterburg*, 2011, No 20, pp.109-118. 12. *Tkachuk S.V. Obzor indeksov stepeni komfortnosti pogodnykh uslovii i ikh svyaz'*

*s pokazatelyami smertnosti (Review of indices of the degree of comfort of weather conditions and their relationship with mortality rates). Proc. Gidromettsentra Rossii*, 2012, Issue 347, pp. 223–245.

### **АЛМАТЫ ЖӘНЕ НҰР-СҰЛТАН ҚАЛАЛАРЫНЫҢ АУА РАЙЫНЫҢ ҚОЛАЙ- ЛЫЛЫҒЫН БИОКЛИМАТТЫҚ БАҒАЛАУ**

**А.С. Базбекова<sup>1</sup>, А.М. Кауазов<sup>2</sup>** география ғылымдарының кандидаты

<sup>1</sup> «Қазгидромет» РМК, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup> *әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан*  
*e-mail: ayzhan.bazbekova@gmail.com, a\_kauazov@mail.ru*

Мақалада 2015 жылдан бастап 2020 жылға дейін жылы және суық мезгіл үшін Алматы және Нұр-Сұлтан метеорологиялық станциялары үшін ауа райының қаталдығы мен қолайлылығының сандық көрсеткіштері талданады. Жылдың жылы (сәуір-қыркүйек) және суық (қазан-наурыз) мезгілдері үшін эквивалентті тиімді температура индексі, Сайпадағы жел салқындату индексі және Бодманның қаттылық индексі есептелген. Климаттың жайлылығын сандық бағалау жүргізілді. Нұр-Сұлтан қаласында қыс 1,7 есе қатал, ал желді салқындату Алматы қаласына қарағанда 2,7 есе маңызды екені анықталды. Ауа-райының жайлылығын бағалау үшін эквивалентті тиімді температура индексі ең қолайлы екендігі көрсетілген.

**Түйін сөздер:** биоклимат, биометеорологиялық индекстер, баламалы-тиімді температура, жайлылық, жайсыздық

### **BIOCLIMATIC ASSESSMENT OF FAVORABLE WEATHER CONDITIONS IN ALMATY AND NUR-SULTAN**

**A. S. Bazbekova<sup>1</sup>, A.M. Kauazov<sup>2</sup>** PhD

<sup>1</sup> RSE «Kazhydromet», Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup> *Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan*  
*E-mail: ayzhan.bazbekova@gmail.com, a\_kauazov@mail.ru*

The article analyzes quantitative indicators of severity and favorability of the weather for the meteorological stations of Almaty and Nur-Sultan from 2015 to 2020 for the warm (april-september) and cold (october-march) seasons of the year. The equivalent-effective temperature index, the Sayple wind cooling index and the Bodman severity index were obtained. During the quantitative assessment, it was found that winter in the city of Nur-Sultan is 1.7 times more severe, and wind cooling is 2.7 times more significant than in the city of Almaty. Weather indicators on the EET index characterize the conditions in Nur-Sultan as less favorable compared to Almaty. It is shown that the equivalent-effective temperature index is the most preferable for assessing the comfort of the weather.

**Keywords:** bioclimate, biometeorological indices, equivalent-effective temperature, comfort, discomfort