



ГЕОГРАФИЯ

УДК 551.58

ПОИСК ДОЛГОПЕРИОДИЧЕСКИХ ГАРМОНИК ИЗМЕНЕНИЯ ИНСОЛЯЦИИ, ВЫЗВАННЫХ ПЛАНЕТНЫМИ ВОЗМУЩЕНИЯМИ ОРБИТЫ ЗЕМЛИ

М. Б. Богданов

Саратовский государственный университет
E-mail: BogdanovMB@info.sgu.ru

С использованием современных численных методов небесной механики рассчитан приходящий на Землю поток излучения Солнца на интервале времени около 6000 лет с дискретностью один год. Светимость Солнца предполагалась неизменной. В спектре мощности временного ряда инсоляции проявляется гармоника синодического периода Марса, а также гармоники, отвечающие комбинационным частотам синодических периодов планет Венеры, Юпитера и Сатурна и частоте, соответствующей звездному году. Обнаружена также гармоника, соответствующая периоду вращения линии апсид лунной орбиты. Периоды гармоник заключены в интервале от 2.008 до 29.46 года. Гармоники с большими периодами, вплоть до нескольких сотен лет, не наблюдаются.

Ключевые слова: инсоляция, орбита Земли, планетные возмущения, гармоники.

Search for Long-period Harmonics of Insolation Changes Caused by Planetary Perturbations of Earth's Orbit

M. B. Bogdanov

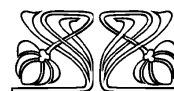
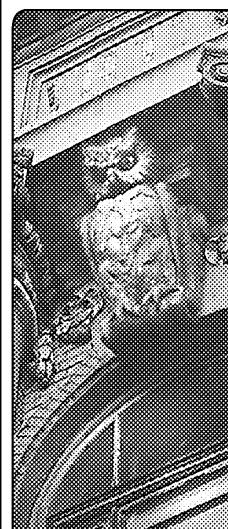
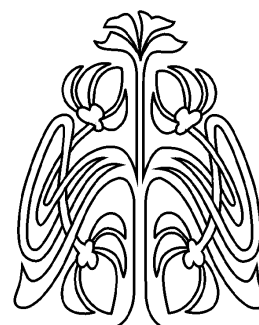
Coming to the Earth a flux of solar radiation is calculated using of modern numerical methods of celestial mechanics over a time interval of about 6000 years with the sampling interval of one year. The luminosity of the Sun was assumed constant. In the power spectrum of the insolation time series detected harmonic of the synodic period of the Mars, as well as harmonics of the combination frequencies of synodic periods of the planets Venus, Jupiter and Saturn, and the frequency corresponding to the sidereal year. The harmonic corresponding to the period of rotation of the line of apsides of the lunar orbit is also detected. Periods of harmonics lie in the range from 2.008 to 29.46 years. Harmonics with large periods up to several hundreds of years, are not observed.

Key words: insolation, orbit of the Earth, planetary perturbations, harmonics.

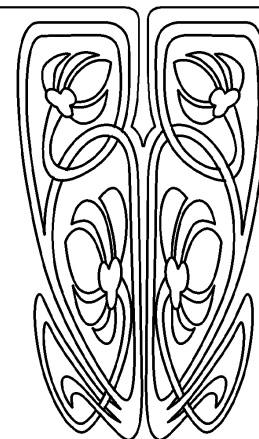
Введение

Исследование возможных изменений потока солнечного излучения представляет большой интерес для всего комплекса наук о Земле. Как известно, изменение инсоляции вызывается двумя причинами: геометрической – изменение расстояния от Земли до Солнца и вариацией светимости Солнца, проявляющейся в изменении солнечной постоянной. В последние годы проблема изменения солнечной постоянной интенсивно изучается, в частности, с использованием высокоточных внеатмосферных наблюдений. Результаты этих исследований приведены в монографии [1] и недавнем обзоре [2]. В данной работе мы будем рассматривать только геометрический фактор.

Наиболее заметный вклад в изменение инсоляции вносит орбитальное движение Земли. Различие в величине потока для перигелия и афелия составляет около 6.6 %. Возмущения движения Земли притяжением других тел Солнечной системы вызывают изменение угла наклона плоскости эклиптики к плоскости небесного экватора, движение перигелия земной орбиты, изменение ее эксцентриситета и прецессию оси вращения. Влияние этих факторов рассматривается



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





астрономической теорией климата [3,4] и способно привести к заметным колебаниям климата Северного и Южного полушарий на временной шкале в десятки и сотни тысяч лет. Вместе с тем, планетные возмущения земной орбиты должны вызывать и более короткопериодические изменения инсоляции с характерным временем от сотен дней до сотен лет.

В работах [5,6] мы провели поиск короткопериодических гармоник инсоляции из анализа временного ряда ее изменения продолжительностью 300 лет. Целью настоящей статьи является оценка частот и амплитуд долгопериодических гармоник изменения инсоляции, вызванных планетными возмущениями орбиты Земли. При этом длина анализируемого ряда инсоляции увеличена приблизительно до 6000 лет, что позволяет проводить поиск гармоник с периодами до нескольких столетий.

Расчет ряда изменения инсоляции

До последней четверти XX века координаты планет Солнечной системы рассчитывались на основе аналитических теорий. Однако ряд трудностей, и в частности большие погрешности оценок расстояний [7], заставили отказаться от их использования. По решению Международного астрономического союза (IAU) с 1976 г. описание движения тел Солнечной системы проводится с использованием численного интегрирования дифференциальных уравнений движения при учете возмущений от всех массивных тел (включая и ряд астероидов), а также релятивистских эффектов. Для решения нашей задачи мы использовали доступный в сети Интернет генератор эфемерид HORIZONS (<http://ssd.jpl.nasa.gov/?horizons/>). Он разработан Лабораторией реактивного движения НАСА (JPL, NASA) на основе численной теории DE-406/LE-406 и позволяет рассчитывать положение центра массы

планеты с погрешностью, не превышающей 25 м [8] на интервале времени приблизительно с 3000 г. до нашей эры по 3000 г. Такая точность более чем достаточна для наших целей.

В качестве оценки величины мгновенной инсоляции мы приняли мощность потока солнечной радиации $I(t)$, приходящего на площадку в 1 м^2 , ориентированную перпендикулярно направлению на Солнце и расположенную от него на расстоянии центра массы Земли $r(t)$ в заданный момент времени t . Для величины солнечной постоянной Q использовалось значение 1366.22 Вт/м^2 , принятое в качестве космического абсолютного радиометрического эталона (SARR). Величина инсоляции рассчитывалась по формуле

$$I_o(t) = Qr^{-2}(t), \quad (1)$$

в которой расстояние $r(t)$ измеряется в астрономических единицах.

С целью дальнейшего анализа мы рассчитали ряд изменения инсоляции в интервале времени, доступном генератору эфемерид HORIZONS: с 0^h всемирного времени UT 1.01.2999 г. до нашей эры (юлианская дата JD 626038.5000) по 18^h05^m UT 31.12.2998 г. (JD 2816422.2534). Для устранения проблем, связанных с календарем, было использовано 5998 равноотстоящих по времени отсчетов. При этом интервал отсчета, который мы в дальнейшем будем называть годом, оказывается равным 365.2466 средних солнечных суток и близким к продолжительности аномалистического года (времени между двумя последовательными прохождениями Землей перигелия, 365.2596).

Рассчитанные отсчеты инсоляции приведены на рис. 1, на котором по оси абсцисс отложено число лет с начала ряда. Из-за большого числа отсчетов отдельные точки на рис. 1 сливаются и образуют довольно широкую линию, демонстрирующую наличие регулярного тренда инсоляции.

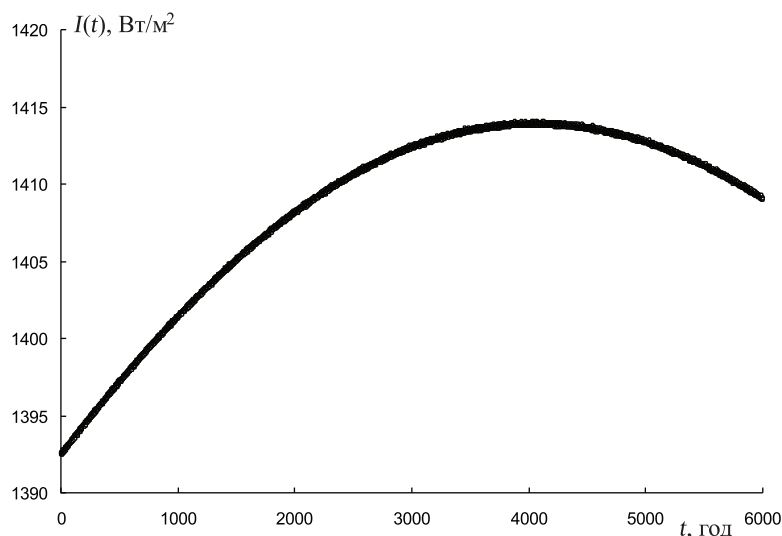


Рис. 1. Рассчитанный временной ряд изменения инсоляции. Ширина линии обусловлена планетными возмущениями орбиты Земли



Происхождение этого тренда связано как с несопадением интервала отсчета с аномалистическим годом, так и с влиянием долговременных изменений элементов орбиты Земли под действием планетных возмущений. Ширина линии обусловлена изменениями инсоляции, связанными с планетными возмущениями на более короткой шкале времени. Анализ рис. 1 показывает, что после учета влияния тренда можно надеяться провести поиск планетных гармоник инсоляции с периодами вплоть до тысячи лет. Минимальное значение периода гармоник, которая может быть обнаружена при данном интервале отсчета, равно двум годам.

Спектральный анализ временного ряда инсоляции

Поскольку значения инсоляции рассчитывались с использованием высокоточной численной теории, то для поиска гармоник в данном временном ряде естественно использовать методику цифрового спектрального анализа. Однако предварительно необходимо исключить влияние долговременного тренда. Для решения этой задачи мы применили два независимых подхода.

В первом случае рассчитанный ряд инсоляции $I_0(t)$ аппроксимировался параболой $I_c(t) = at^2 + bt + c$, коэффициенты которой были найдены методом наименьших квадратов. При этом была достигнута достаточно большая величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0.99967$. Использование для описания тренда полинома третьей степени приводит к сравнительно небольшому увеличению значения этой величины до $R^2 = 0.99974$. В дальнейшем мы приняли, что долговременный тренд имеет вид параболы. Анализ отклонений инсоляции от параболического тренда $I(t) = I_0(t) - I_c(t)$ показал, что их среднее значение практически равно нулю, а стандартное отклонение составляет $\sigma = 0.1093$ Вт/м². Ранее при исследовании 300-летнего ряда изменения инсоляции, вызванного планетными возмущениями, мы получили $\sigma = 0.1064$ Вт/м² [5]. Сравнение этих величин демонстрирует, что ожидаемый вклад долгопериодических планетных гармоник должен быть весьма небольшим.

Во втором случае мы применили к отсчетам инсоляции, показанным на рис. 1, фильтр первых разностей $I(t) = I_0(t) - I_0(t-1)$, позволяющий эффективно подавлять низкочастотные составляющие временного ряда. При использовании такого фильтра спектр мощности временного ряда $S(f)$ умножается на квадрат модуля его частотной характеристики

$$|H(f)|^2 = 4 \sin^2(\pi f / 2 f_N), \quad (2)$$

где $f_N = 1/2\Delta t$ – частота Найквиста или максимальная частота гармоник, которая может быть обнаружена во временном ряде с интервалом

отсчета Δt . Возможно, такой подход является более последовательным, так как не использует какой-либо дополнительной информации, не содержащейся в самом анализируемом ряде.

Как для ряда отклонений от параболического тренда, так и для ряда первых разностей инсоляции мы выбрали классический вариант спектрального анализа с расчетом спектров мощности $S(f)$ путем фурье-преобразования их автокорреляционных функций [9,10]. Он позволяет получать достаточно надежные оценки разрешающей способности и доверительного интервала спектральной оценки. При выбранном максимальном сдвиге автокорреляции в 5000 отсчетов для использованного корреляционного окна Ханна ширина спектрального окна составляет $\Delta f = 2.667 \times 10^{-4}$ год⁻¹. Число степеней свободы спектральной оценки равно 3, а длина 90%-ного логарифмического доверительного интервала 1.35. Спектр мощности ряда первых разностей инсоляции был скорректирован за влияние частотной характеристики фильтра (2). При этом спектры мощности обоих временных рядов оказались практически идентичными.

График логарифма спектра мощности, полученный с использованием цифрового фильтра и последующей коррекцией, в диапазоне частот f от 0.001 год⁻¹ до частоты Найквиста 0.5 год⁻¹ показан на рис. 2. При его построении использован интервал дискретности по частоте 0.00005 год⁻¹, что дает приблизительно пять отсчетов на ширину спектрального окна Δf . Вертикальным отрезком на рис. 2 показан 90%-ный логарифмический доверительный интервал. Совмещая середину этого интервала с основанием пиков, можно убедиться, что большинство гармоник являются статистически значимыми. Следует отметить, что величина доверительного интервала оценена в предположении того, что исходный временной ряд является реализацией гауссовского случайного процесса. В нашем случае изменения инсоляции детерминированы, причем уровень случайного шума близок к нулю (относительная погрешность оценки $I(t)$ порядка 10^{-9}). Высокое спектральное разрешение и острые вершины пиков в спектре мощности позволяют оценивать частоты гармоник с погрешностью $\pm 5.0 \times 10^{-5}$ год⁻¹, что дает возможность однозначно провести их идентификацию.

Нелинейная зависимость инсоляции от расстояния (1) позволяет ожидать наличие в спектре мощности гармоник синодических периодов планет (соответствующих разности угловых скоростей Земли и планеты) и гармоник, отвечающих комбинационным частотам. Пики, соответствующие этим гармоникам, хорошо видны на рис. 2. Идентификация гармоник показана у вершин пиков набором букв и цифр. Буква является первой буквой латинского наименования планеты, а цифра определяет номер гармоник (ноль соответствует основному периоду). Таким образом, M0 – гармоника, соответствующая синодиче-

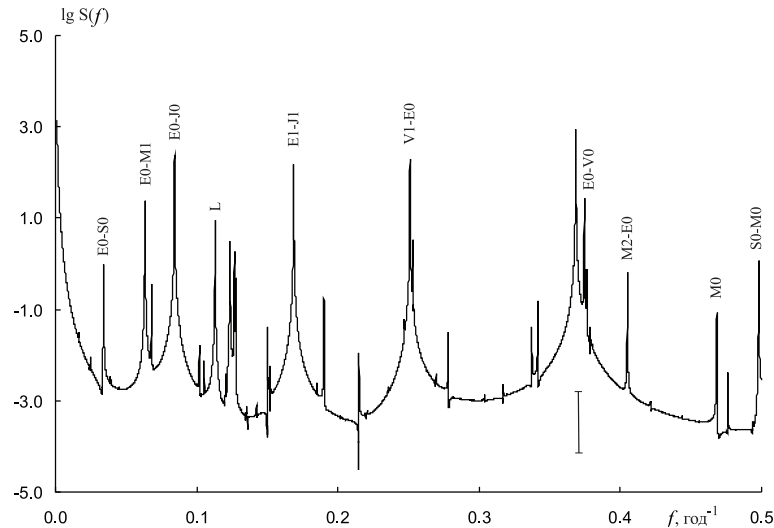


Рис. 2. График логарифма спектра мощности временного ряда изменения инсоляции. Вертикальным отрезком показана длина 90%-го логарифмического доверительного интервала

скому периоду Марса, S0–M0 – комбинационная гармоника, частота которой является разностью частот гармоник синодических периодов Сатурна и Марса, а V1–E0 – комбинационная гармоника с частотой, равной разности частот первой гармоники синодического периода Венеры, и частоты, соответствующей звездному году Земли. В рассчитанном спектре мощности выявлены гармоники, связанные с планетами Венера, Марс, Юпитер и Сатурн. Совпадение частот гармоник с ожидаемыми значениями служит дополнительным подтверждением их реальности.

Наряду с планетными гармониками в изменениях инсоляции заметно и влияние Луны. Буквой L на рис. 2 обозначена гармоника, соответствующая периоду вращения линии апсид лунной орбиты, равному 8.8504 года. В то же время важное для описания движения Луны вращение линии узлов ее орбиты с периодом 18.61 года практически не влияет на инсоляцию, и соответствующая гармоника с частотой 0.05373 год⁻¹ в спектре не проявляется. Частоты и периоды гармоник, найденных в спектре мощности ряда инсоляции, приведены в таблице.

Характеристики гармоник, возникающих в спектре мощности изменения инсоляции под влиянием планетных возмущений орбиты Земли

N	f, год ⁻¹	T, год	A(f), мВт/м ²	ΔA, мВт/м ²	Идентификация
1	0.03395	29.46	2.50	0.11	E0 – S0
2	0.06340	15.77	12.56	0.16	E0 – M1
3	0.08435	11.86	39.03	0.16	E0 – J0
4	0.11305	8.846	7.49	0.11	L
5	0.16865	5.929	30.79	0.10	E1 – J1
6	0.25100	3.984	35.29	0.12	V1 – E0
7	0.36840	2.714	75.37	0.74	M0+J1–S1
8	0.37450	2.670	13.09	0.76	E0 – V0
9	0.40495	2.469	2.01	0.10	M2 – E0
10	0.46830	2.135	0.74	0.05	M0
11	0.49795	2.008	2.76	0.10	S0 – M0

Идентификация гармоники с частотой 0.36840 год⁻¹, имеющей максимальную высоту пика, оказалась достаточно сложной. Проведенный компьютерный подбор всех возможных комбинационных частот планетных гармоник, включая гармоники с максимальным номером три, позволил найти наиболее простую комбинацию M0+J1–S1 с близкой частотой 0.36760 год⁻¹. Однако она отличается от частоты максимума пика более чем на Δf. Возможно, присутствие близкой, достаточно мощной гармоники E0–V0 влияет на оценку частоты максимума пика.

При проведении цифрового спектрального анализа частоты гармоник определяются заметно точнее, чем их амплитуды. В нашем случае погрешность оценки амплитуды связана не с влиянием случайного шума, а с наложением соседних гармоник и неопределенностью уровня основания пиков в спектре мощности. В качестве оценки амплитуды гармоники, как и в работе [5], нами бралась величина

$$A(f_m) = \sigma \sqrt{2\Delta f (S(f_m) - S_0)}, \quad (3)$$



где σ – среднеквадратичное отклонение временного ряда; Δf – ширина спектрального окна; $S(f_m)$ – значение спектральной плотности в максимуме пика, а S_0 – величина спектральной плотности у основания пика, оцениваемая как полусумма значений $S(f)$, измеренных слева и справа от пика. Если принять, что погрешность оценки амплитуды определяется неопределенностью уровня основания пика, то в качестве ее верхнего предела можно взять величину

$$\Delta A = \sigma \sqrt{2\Delta f S_0} . \quad (4)$$

Сведения об амплитудах гармоник и погрешности их оценки также приведены в таблице.

Заключение

Задачей нашего исследования был поиск гармоник изменения инсоляции с периодами от двух до тысячи лет, намного меньших продолжительности циклов Миланковича. Использование современных численных методов небесной механики и доступного программного обеспечения позволило дать ответ на вопрос о степени влияния таких долгопериодических составляющих планетных возмущений орбиты Земли на изменение величины потока солнечной радиации. В рассчитанном спектре мощности временного ряда инсоляции продолжительностью около 6000 лет проявляется гармоника синодического периода Марса, а также гармоники, отвечающие комбинационным частотам синодических периодов планет Венеры, Юпитера и Сатурна и частоте, соответствующей звездному году Земли. Обнаружена также гармоника, соответствующая периоду вращения линии апсид лунной орбиты. Наибольший найденный период гармоники составляет около 30 лет. Значимых пиков, принадлежащих гармоникам с периодами продолжительностью от этого значения и вплоть до нескольких столетий, в спектре мощности не наблюдается.

Оцененные амплитуды гармоник невелики, но, учитывая высокие возможности спектрального анализа, интересно попытаться обнаружить их проявление во временных рядах метеорологических величин. Суммарное влияние гармоник, связанных с планетными возмущениями, в рассмотренном интервале частот характеризуется среднеквадратичным отклонением инсоляции около 0.1 Вт/м^2 , что представляет собой достаточно заметную величину. Для сравнения: считающееся важным климатическим фактором изменение солнечной постоянной в ходе 11-летнего цикла имеет амплитуду около 1.0 Вт/м^2 [2]. Поэтому можно рекомендовать использовать в климатических моделях реальные предвычисленные величины инсоляции, соответствующие точным значениям расстояния Земли от Солнца. Применение генератора эфемерид HORIZONS позволяет достаточно легко выполнять необходимые расчеты.

Как было отмечено во введении, мы рассматривали только геометрический фактор изменения инсоляции. Однако существует и другая гипотетическая возможность влияния планет на изменение солнечной постоянной. Речь идет о приливном воздействии планет на Солнце, которое зависит от их взаимного расположения и должно иметь характер циклов различной продолжительности. Возможность такого воздействия рассматривается в работах [11,12], в которых приведены также многочисленные ссылки на результаты предыдущих исследований. Эта гипотеза подвергается критике многими авторами, их основным аргументом против нее является слишком малая величина соответствующих приливных ускорений [13]. В настоящее время по данному вопросу ведется интенсивная полемика [14]. Очевидно, что учет изменения светимости Солнца не приведет к потере каких-либо выявленных гармоник, но может добавить новые пики в спектре мощности.

Библиографический список

1. Скларов Ю. А., Бричков Ю. И., Семенова Н. В. Радиационный баланс Земли. Введение в проблему. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2009. 188 с.
2. Solanki S. K., Unruh Y. C. Solar irradiance variability // Proceedings of 17th Cambridge workshop on cool stars, stellar systems and the Sun. 2012. 7 p. URL: <http://arxiv.org/abs/1210.5911> (дата обращения : 25.05.2013).
3. Миланкович М. Математическая климатология и астрономическая теория колебаний климата. М. ; Л. : ГОНТИ, 1939. 207 с.
4. Монин А. С. Вращение Земли и климат. Л. : Гидрометеоиздат, 1972. 112 с.
5. Богданов М. Б., Сурков А. Н. Короткопериодные изменения инсоляции, вызванные планетными возмущениями орбиты Земли // Метеорология и гидрология. 2006. № 1. С. 48–54.
6. Богданов М. Б., Катрущенко А. В. Изменения инсоляции, вызванные влиянием Луны // Изв. Саратов. ун-та. Новая серия. Серия Науки о Земле. 2008. Т. 8, вып. 1. С. 3–5.
7. Нестеров В. В. Стандарт основных вычислений астрономии. М. : Янус-К, 2001. 84 с.
8. Giorgini J. D., Yeomans D. K., Chamberlin A. B. et al. JPL's on-line Solar System data service // Bull. Amer. Astron. Soc. 1996. Vol. 28, № 3. P. 1158.
9. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. М. : Мир, 1971. Вып. 1. 316 с.
10. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. М. : Мир, 1972. Вып. 2. 287 с.
11. Scafetta N. Does the Sun work as a nuclear fusion amplifier of planetary tidal forcing? A proposal for a physical mechanism based on the mass-luminosity relation // J. Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 2012. Vol. 81–82. P. 27–40. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2012.04.002> (дата обращения : 25.05.2013).
12. Abreu J. A., Beer J., Ferriz-Mas A., McCracken K. G., Steinhilber F. Is there a planetary influence on Solar



activity? // *Astronomy and Astrophysics*. 2012. Vol. 548. A88. 9 pp. URL: <http://dx.doi.org/10.1051/0004-6361/201219997> (дата обращения: 25.05.2013).

13. *Callebaut D. K., de Jager C., Duhau S.* The influence of planetary attractions on the Solar tachocline // *J. Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. 2012. Vol. 80. P. 73–78. URL:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2012.03.005> (дата обращения: 25.05.2013).

14. *Scafetta N., Humlum O., Solheim J.-E., Stordahl K.* Comment on «The influence of planetary attractions on the solar tachocline» by Callebaut, de Jager and Duhau // *IBid*. 2013. 8 p. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2013.03.007> (дата обращения: 25.05.2013).

УДК 551.458

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Г. Ф. Иванова, Н. Г. Левицкая¹, И. А. Орлова¹

Саратовский государственный университет

¹Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока, Саратов

E-mail: vigalol@mail.ru

В работе показаны современные агроклиматические ресурсы за период 1981–2012 гг. и их сравнение с климатическими нормами за прошедший период 1912–1980 гг. Представлены тренды многолетнего хода агроклиматических показателей по природным зонам Саратовской области.

Ключевые слова: агроклиматические ресурсы, температура, осадки, климатическая норма, природные зоны, сезоны, тренд.

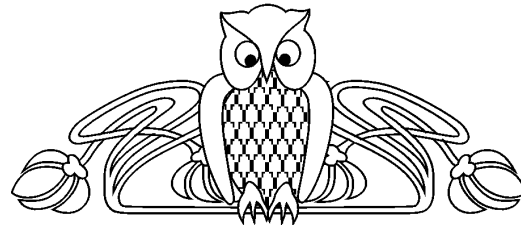
Estimation of the Present State of Agro-climatic Resources of Saratov Region

G. F. Ivanova, N. G. Levitskaya, I. A. Orlova

The paper demonstrates the modern agro-climatic resources for the period 1981–2012 years and their comparison with the climatic norms for the last period 1912–1980 gg. Shows trends multiyear variations of agro-climatic indices by natural zones of the Saratov region.

Key words: agro-climatic resources, temperature, precipitations, climatic norm, natural areas, seasons, trend.

Глобальное изменение климата и его влияние на агроклиматические ресурсы отдельных территорий – одна из наиболее актуальных проблем XXI века. Учет климатических изменений очень важен для своевременной адаптации сельского хозяйства к новым условиям, особенно в районах недостаточного увлажнения, где климат всегда от-



личался частой повторяемостью засух и суховеев, дестабилизирующих развитие сельскохозяйственного производства в регионе.

Цель настоящих исследований заключалась в оценке современного состояния агроклиматических ресурсов Саратовской области и сельскохозяйственного потенциала климата.

Материалом для исследований послужили данные наблюдений за 1981–2012 гг. по 6 метеорологических станциям, расположенным в различных природных зонах Саратовской области.

Результаты проведенных исследований показали, что среднегодовая температура воздуха во всех природных зонах за исследуемый период (1981–2012 гг.) увеличилась по сравнению с климатической нормой за 1912–1980 гг., представленной в Научно-прикладном справочнике [1], на 1,1–1,7°С и стала составлять в лесостепи +4,8°С, в черноземной степи +6,5°С, в сухостепных районах +6,2°С, а в полупустынных районах +7,2°С. Среднемесячная температура января при этом выросла на 2,9–4,0°С, февраля – на 2,0–3,5°С, декабря – на 1,4–3,1°С, а в период с мая по сентябрь в основном на 0,3–0,9°С (табл. 1).

Теплообеспеченность территории, характеризующая суммой температур воздуха выше +10°, за период 1981–2012 гг. составила в лесостепи 2662°С, что на 265°С выше климатической нормы за 1912–1980 гг. В черноземностепных районах теплообеспеченность увеличилась в среднем на 239°С, в сухостепных – на 219°С и в полупустынных – на 210°С (табл. 2). Наибольшая за

Таблица 1

Отклонение средних месячных температур воздуха за период 1981–2012 гг. от климатической нормы за 1912–1980 гг., Δt, °С

Природная зона	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Лесостепь	3,2	2,0	2,1	2,1	0,7	0,5	0,4	0,2	0,6	1,3	0,8	1,6	1,3
Засушливая черноземная степь	3,1	3,5	2,3	1,6	1,1	0,9	1,1	0,7	0,3	1,6	0,7	3,1	1,7
Сухая степь	3,4	2,1	2,1	1,3	0,5	0,5	0,4	0,3	0,4	1,4	0,5	1,4	1,1
Полупустыня	4,0	2,8	3,0	2,4	0,7	0,8	0,3	0,4	0,7	1,5	1,1	2,6	1,3