



совпадений неблагоприятных факторов в них максимально (равно 5) и относительно велико (равно 4). Подобный анализ степени устойчивости лесных фитоценозов проведен по лесотаксационным кварталам, но это можно сделать и по лесотаксационным выделам.

Таким образом, гео- и биогеофизические показатели состояния реально отражают дифференциацию ландшафтных условий, вскрывают причинно-следственные связи, причем геофизические показатели структуры ландшафта выступают как причины, биогеофизические – как следствие. Экологическая значимость этих показателей также велика, вследствие чего они вполне могут служить методологической основой при оценке ландшафтной структуры региона.

УДК 551.590.2

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ, ВЫЗВАННЫЕ ВЛИЯНИЕМ КОСМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

М.Б. Богданов, А.В. Федоренко

Саратовский государственный университет,
кафедра метеорологии и климатологии
E-mail: BogdanovMB@info.sgu.ru

Проведен анализ спектра мощности временного ряда ежедневных значений атмосферного давления, измеряемых альпийской высокогорной станции Юнгфрауйох с 1968 по 1992 г. В спектре ряда обнаружены гармоника полюсного прилива, вызываемого движением полюса Земли, две гармоники лунно-солнечного прилива, гармоника с периодом синодического месяца, вызванная изменением инсоляции при движении системы Земля – Луна вокруг общего центра масс, а также две гармоники, проявляющиеся в изменениях межпланетного магнитного поля, существование которых объясняется особенностями механизма солнечного динамо.

Ключевые слова: атмосферное давление, спектр мощности, гармоники, приливы, инсоляция, солнечная активность.

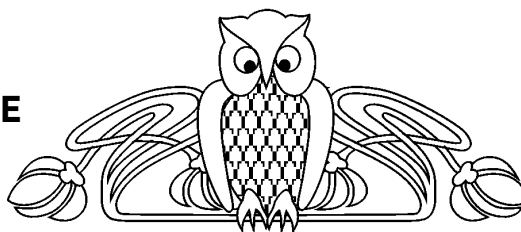
Periodical Changes in the Atmospheric Pressure, Caused by the Influence of the Space Factors

М.В. Bogdanov, А.В. Fedorenko

We carried out the analysis of the power spectrum of the time series of the daily values of the atmospheric pressure measured in high-level Alpine station Jungfrauoch in the time interval from 1968 through 1992. In the power spectrum are discovered the harmonic of polar tide, caused by the Earth's pole motion, two harmonics of luni-solar tide, the harmonic with the period of synodic month, connected with a change in the insolation during the motion of system the Earth – Moon around the common center of masses, and also two harmonics revealed in changes in the interplanetary magnetic field,

Библиографический список

1. Трифонова Т.М. Лесные насаждения в Саратове на эродированных склонах Лысой горы // Сб. науч. тр. Саратов. сельскохоз. ин-та. Саратов, 1983. С. 62–73.
2. Викторов А.С. Рисунок ландшафта. М.: Мысль, 1986. 178 с.
3. Болдырев В.А. Естественные леса Саратовского Побережья: Эколого-ценотический очерк. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2005. 92 с.
4. Проект организации и развития лесного хозяйства леспархоза «Кумысная поляна»: В 3 т. Т. 1. Объяснительная записка. Воронеж, 1995. 185 с.
5. Утехин В.Д. Первичная биологическая продуктивность лесостепных экосистем. М.: Наука, 1977. 147 с.
6. Дьяконов К.Н. Геофизические показатели функционирования ландшафтов для оценки антропогенных воздействий // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5, География. 2003. № 1. С. 15–19.



whose existence is explained by the features of the solar dynamo mechanism.

Key words: atmospheric pressure, power spectrum, harmonics, tides, insolation, solar activity.

Введение

Изучение проблемы влияния космических факторов на процессы, протекающие в глубинах нашей планеты, ее атмосфере и гидросфере представляет большой интерес для многих наук о Земле. В число этих факторов входят разнообразные проявления солнечной активности [1], особенности движения Земли в Солнечной системе, ее вращения вокруг собственной оси и движение полюса [2, 3], а также приливные воздействия Луны и Солнца, способные вызывать изменения океанической циркуляции и влиять на характеристики регионального и глобального климата [4–6]. Степень влияния некоторых факторов сравнительно невелика. Однако периодический характер воздействия позволяет надеяться обнаружить его проявление при анализе достаточно продолжительных временных рядов геофизических величин.

В ходе предыдущих исследований мы изучили изменения приземной температуры воздуха и обнаружили наличие ряда гармоник, возникающих под влиянием космических факторов [7, 8]. Целью настоящей работы является поиск возможных периодических составляющих, связанных



с космическими воздействиями, в изменениях атмосферного давления.

Исходные данные и их предварительная обработка

Мы проанализировали ряд ежедневных значений атмосферного давления, измеряемых в 12 часов каждого дня на высокогорной станции Юнгфрауйох ($46^{\circ}.6 N, 8^{\circ}.0 E, H = 3572$ м) с 1 января 1968 по 31 декабря 1992 г. Станция расположена на альпийской вершине, и ее метеоусловия близки к свободной атмосфере. Информация была получена из базы данных Space Physics Interactive Data Resource по сети Интернет (<http://spidr.ngdc.noaa.gov/>). В двух случаях отсутствующие значения были рассчитаны с помощью линейной интерполяции данных. Полное число отсчетов ряда составляет 9132.

Для устранения влияния сезонных скачков давления, связанных с изменениями температуры, из ряда был вычтен вклад синусоиды с периодом, равным тропическому году (промежутку времени между двумя последовательными прохождениями Солнца точки весеннего равноденствия, $365.^d2422$). Амплитуда $7,697$ гПа и фаза $3,996$ рад. этой синусоиды определялись по способу наименьших квадратов. Аналогичным образом были определены амплитуда $1,180$ гПа и фаза $0,786$ рад. первой гармоники тропического года, имеющей период $182.^d6211$, которая также была вычтена из ряда среднесуточных значений температуры.

Стандартное отклонение (σ) полученного ряда характеризует изменение ежедневных значений атмосферного давления в данном пункте, не связанное с сезонными вариациями, и равно $\sigma = 7,06$ гПа.

Анализ спектра мощности временного ряда

Нами использовался классический вариант цифрового спектрального анализа с расчетом спектра мощности $S(f)$ путем фурье-преобразования автокорреляционной функции [9]. При выбранном максимальном сдвиге автокорреляции в 4000 отсчетов для использованного корреляционного окна Ханна ширина спектрального окна составляет $\Delta f = 3,333 \times 10^{-4} d^{-1}$. Число степеней свободы спектральной оценки равно 6, а длина 90%-го логарифмического доверительного интервала $-0,886$.

Часть графика десятичного логарифма спектра мощности в диапазоне частот от нуля до $f = 0,01 d^{-1}$, содержащая гармоники с периодами T превышающими 100^d , приведена на рис. 1. Вертикальным отрезком на данном рисунке показан логарифмический доверительный интервал, а горизонтальным – ширина спектрального окна, характеризующая разрешающую способность по частоте. Наиболее заметный пик, обозначенный у вершины символом T_p , соответствует гармонике так называемого полюсного прилива. Этот прилив возникает в Мировом океане и атмосфере под влиянием движения полюса Земли, в котором наиболее выделяется чандлеровский период $T_p = 1,19$ года [10]

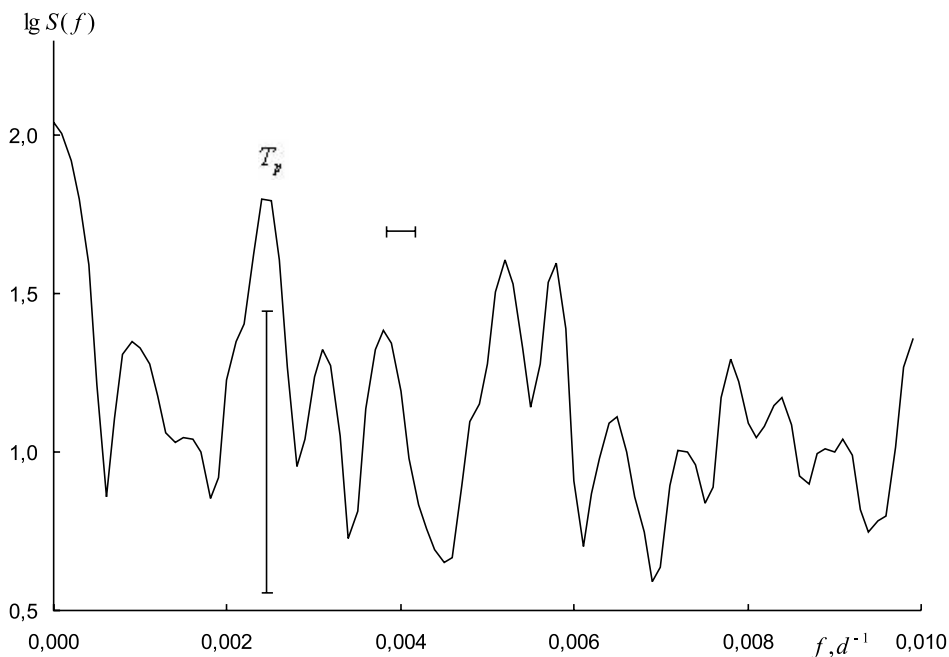


Рис. 1. График логарифма спектра мощности в диапазоне гармоник с периодами, превышающими 100^d . Наиболее заметный пик соответствует гармонике полюсного прилива T_p



Область спектра в диапазоне частот f от $0,03 \text{ d}^{-1}$ до $0,04 \text{ d}^{-1}$, соответствующих периодам около одного месяца, приведена на рис. 2. В этой области обнаруживаются четыре пика, соответствующие известным гармоникам космических факторов: гармоника $L0$ с периодом синодического месяца, связанная с изменением инсоляции при движении системы Земля – Луна вокруг общего центра масс [11], гармоника лунно-солнечного прилива M_m , а также две гармоники T_{S1} и T_{S2} , проявляющиеся в изменениях межпланетного

магнитного поля. Пики, отвечающие этим гармоникам, обозначены у вершин соответствующими символами.

Область спектра в диапазоне частот f от $0,07 \text{ d}^{-1}$ до $0,08 \text{ d}^{-1}$, соответствующих периодам около полу-месяца, приведена на рис. 3. Как и ранее, вертикальным отрезком на рис. 3 показан логарифмический доверительный интервал, а горизонтальным – ширина спектрального окна. В данной области выделяется пик с частотой $0,0732 \text{ d}^{-1}$, соответствующий гармонике лунно-солнечного прилива M_f .

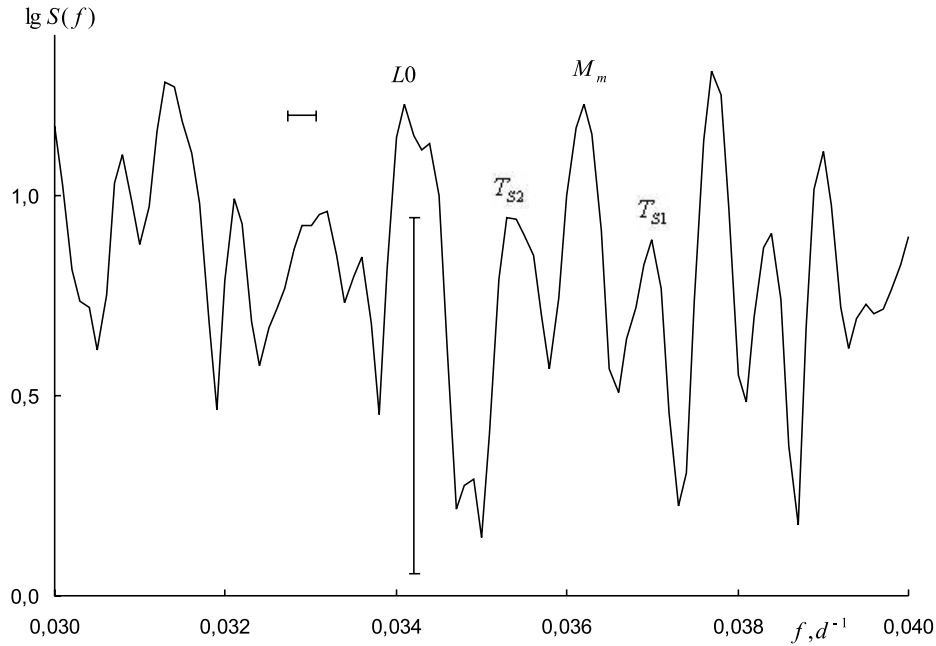


Рис. 2. График логарифма спектра мощности в диапазоне гармоник с периодами около месяца. Отмечены пики, соответствующие гармонике синодического месяца $L0$, приливной гармонике M_m , а также гармоникам T_{S1} и T_{S2} , проявляющимся в изменениях межпланетного магнитного поля

Характеристика гармоник, найденных в спектре мощности временного ряда изменения атмосферного давления

Гармоника	Точный период, d	f_m, d^{-1}	T, d	$A(f_m), \text{гПа}$
T_p	435	0.0024	416 ± 58	1.35
$L0$	29.53	0.0341	29.33 ± 0.29	0.70
T_{S2}	28.30	0.0353	28.33 ± 0.27	0.46
M_m	27.55	0.0362	27.62 ± 0.25	0.67
T_{S1}	27.03	0.0370	27.03 ± 0.24	0.42
M_f	13.66	0.0732	13.66 ± 0.06	0.54

Совмещая середину доверительного интервала с основанием пиков в спектре мощности, можно убедиться, что наличие указанных гармоник является статистически значимым. Если принять, что погрешность оценки частоты гармоники f_m , соответствующей максимуму пика, равна ширине спектрального окна Δf , то погрешность определения соответствующего периода $T = 1/f_m$ будет равна $\Delta T = T^2 \Delta f$. Найденные частоты f_m и периоды T гармоник вместе с погрешностями их определения приведены в таблице, в первом столбце которой дано обозначение гармоники,

а во втором – точное значение периода. То, что найденные периоды гармоник отличаются от точных значений не более чем на величину ΔT , служит еще одним аргументом в пользу их достоверности.

В качестве оценки амплитуды гармоники нами бралась величина

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

где σ – среднеквадратичное отклонение временного ряда равно $7,06 \text{ гПа}$; Δf – ширина спектрально-

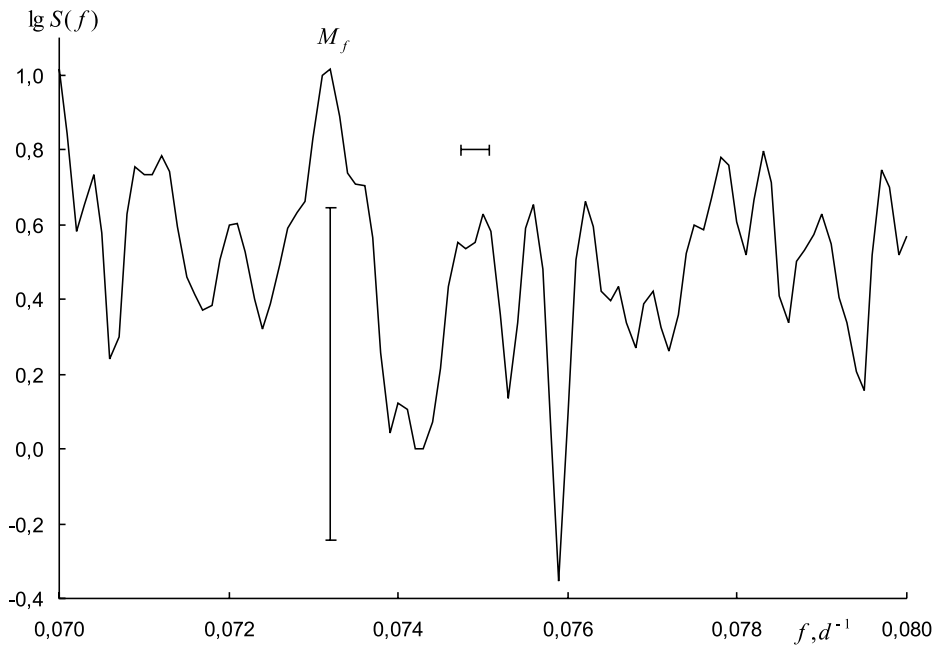


Рис. 3. График логарифма спектра мощности в диапазоне гармоник с периодами около полумесяца. Отмечен пик, соответствующий приливной гармонике M_f

го 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. Найденные амплитуды гармоник $A(f_m)$ также приведены в таблице. Известно, что при цифровом спектральном анализе частоты гармоник определяются гораздо точнее, чем их амплитуды. С учетом величины доверительного интервала спектральной оценки можно утверждать, что с вероятностью 90% амплитуды гармоник должны отличаться от найденных значений не более чем в 2,8 раза.

Обсуждение результатов

Присутствие в изменениях атмосферного давления гармоник полусуточного прилива и лунно-солнечного прилива не является неожиданностью. Тем не менее, учитывая малую величину их амплитуды, это служит хорошей иллюстрацией возможностей спектрального анализа продолжительных временных рядов. К сожалению, длина анализируемого ряда не достаточно велика для поиска изменений давления, соответствующих 11-летнему циклу солнечной активности. Однако в спектре ряда не заметно влияния и некоторых более короткопериодических факторов. В частности, отсутствует пик, соответствующий квазидвухлетнему циклу (QBO , $T = 2,40$ года), обнаруженному по изменениям скорости ветра в экваториальной стратосфере, который нередко проявляет себя в различных геофизических явлениях [3]. Нет заметных следов влияния изменения инсоляции, вызванного планетными возмущениями орбиты

Земли, главными из которых являются гармоника с синодическим периодом Юпитера ($T = 339^d.0$, амплитуда $44,1$ мВт/м²) и первая гармоника синодического периода Венеры ($T = 291^d.9$, амплитуда $42,7$ мВт/м²) [12]. Следует однако отметить, что при достигаемом частотном разрешении пик, соответствующий гармонике с синодическим периодом Юпитера, должен сливаться с пиком полусуточного прилива.

Весьма интересным является присутствие во флуктуациях атмосферного давления гармоник $L0$ с периодом синодического месяца. Единственным объяснением этого факта является влияние изменения инсоляции при движении системы Земля – Луна вокруг общего центра масс с амплитудой $82,5$ мВт/м² [11]. Гармоника с таким периодом уверенно обнаруживается и во флуктуациях приземной температуры воздуха [7].

Гармоники T_{S1} и T_{S2} связаны с изменениями межпланетного магнитного поля (ММП), порождаемого фотосферными магнитными полями Солнца, которые, в свою очередь, создаются с помощью механизма гидромагнитного динамо [13]. Вследствие вращения Солнца ММП приобретает характерную секторную структуру, которая пересекается Землей в ходе ее орбитального движения. При пересечении границы сектора полярность магнитного поля (принимаемая положительной в направлении от Солнца) сохраняется постоянной в течение нескольких суток, а затем меняется на противоположную. В ряде исследований были получены указания на возможность связи явлений пересечения Землей границ секторов ММП с изменениями приземного атмосферного давления, индекса завихренности и грозовой активности [14].



Анализ наблюдений ММП, проведенных космическими аппаратами в 1963–1998 гг., позволил обнаружить в его изменениях гармонику с периодом $27^d.03 \pm 0^d.02$ [15], близким к синодическому периоду вращения Солнца. В дальнейшем ряд наблюдений ММП был дополнен более ранними данными (до начала 1926 г.), восстановленными по результатам измерений наземными магнитометрами, а также продлен до 2007 г. наблюдениями из космоса. Исследование эволюции спектра мощности этого временного ряда позволило получить интересные результаты [16]. Оказалось, что в 1926–1950 гг., 1980–1992 гг. и после 2000 г. основной гармоникой спектра была гармоника с периодом $27^d.03$, в то время как в 1950–1970 гг. доминировала гармоника, имеющая период $28^d.30$.

Наряду с исследованием изменений ММП, в работе [16] был проведен анализ карт абсолютных величин напряженности фотосферного магнитного поля Солнца. При этом обнаружено существование двух основных мод поля, не участвующих в дифференциальном вращении фотосферы. Эти моды вращаются с постоянной угловой скоростью и имеют периоды $27^d.04 \pm 0^d.03$ в северном полушарии и $28^d.24 \pm 0^d.03$ в южном полушарии Солнца. Существование и наблюдаемые характеристики мод фотосферного магнитного поля объясняются особенностями механизма солнечного динамо [16]. Их периоды практически равны периодам гармоник изменения ММП.

Следует отметить, что первая гармоника – T_{S1} – совпадает с синодическим периодом вращения Солнца. Изменения с этим периодом ранее неоднократно фиксировались при анализе временных рядов разных метеорологических и геофизических величин [14]. Данный феномен получил название 27-суточной рекуррентии и объясняется наличием активных областей, существующих в течение нескольких оборотов Солнца. При этом достигающее Земли электромагнитное и корпускулярное излучение вспышек, возникающих в активных областях, модулируется вращением Солнца. Таким образом, присутствие в спектре мощности только одной гармоники T_{S1} не может считаться достаточным условием существования связи флуктуаций атмосферного давления с изменениями ММП. Решающим фактом является одновременное наличие в спектре гармоники T_{S2} . Период данной гармоники не совпадает с характерным временем каких-либо других земных или космических процессов, кроме изменения ММП, а ее происхождение связано с особенностями механизма солнечного динамо.

Заключение

Проведенный анализ спектра мощности временного ряда ежедневных значений атмосферного давления, измеренных на высокогорной

станции Юнгфрауйох на протяжении 25-летнего интервала времени, позволил достаточно надежно обнаружить присутствие в изменениях давления периодических составляющих. В спектре ряда найдены гармоника полусинодического прилива T_p , две гармоники лунно-солнечного прилива M_m и M_j , гармоника с периодом синодического месяца $L0$, связанная с изменением инсоляции при движении системы Земля – Луна вокруг общего центра масс, а также гармоники T_{S1} и T_{S2} , проявляющиеся в изменениях межпланетного магнитного поля. Период гармоники T_{S1} совпадает с синодическим периодом вращения Солнца, и она также может быть связана с явлением 27-суточной рекуррентии. Хорошее совпадение в пределах оцененной погрешности найденных периодов гармоник с точными значениями служит дополнительным аргументом в пользу их достоверности.

Ранее наличие всех этих гармоник, за исключением гармоники полусинодического прилива, было обнаружено нами также при анализе временного ряда среднесуточных значений приземной температуры воздуха. Присутствие данных периодических составляющих и в изменениях атмосферного давления подтверждает влияние указанных космических факторов на состояние тропосферы.

Библиографический список

1. Авдюшин С.И., Данилов А.Д. Солнце, погода и климат: сегодняшний взгляд на проблему // Геомагнетизм и аэронавигация. 2000. Т. 40, № 5. С. 3–14.
2. Монин А.С., Шишков Ю.А. Климат как проблема физики // Успехи физ. наук. 2000. Т. 170, № 4. С. 419–445.
3. Сидоренков Н.С. Атмосферные процессы и вращение Земли. СПб., 2002. 200 с.
4. Авсюк Ю.Н. Приливные силы и природные процессы. М., 1996. 188 с.
5. Wunsch C. Moon, tides and climate // Nature. 2000. Vol. 405. P. 743–744.
6. Treloar N.C. Luni – solar tidal influences on climate variability // Intern. J. Climatology. 2002. Vol. 22, № 12. P. 1527–1542.
7. Богданов М.Б., Катрущенко А.В. Периодические изменения приземной температуры воздуха, вызванные влиянием космических факторов // Изв. Саратов. ун-та. Нов. серия. Сер. Науки о Земле. 2008. Т. 8, вып. 2.
8. Богданов М.Б. Проявление особенностей солнечного динамо в изменениях приземной температуры воздуха // Географические исследования в Саратовском государственном университете: Сб. науч. тр. Саратов, 2008. С. 187–192.
9. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. М., 1972. 603 с.
10. Максимов И.В. Геофизические силы и воды океана. Л., 1970. 447 с.
11. Богданов М.В., Катрущенко А.В. Изменения инсоляции, вызванные влиянием Луны // Изв. Саратов. ун-та. Нов. серия. Сер. Науки о Земле. 2008. Т. 8, вып. 1. С. 3–5.



12. Богданов М.Б., Сурков А.Н. Короткопериодные изменения инсоляции, вызванные планетными возмущениями орбиты Земли // Метеорология и гидрология. 2006. № 1. С. 48–54.
13. Зельдович Я.Б., Рuzмайкин А.А. Гидромагнитное динамо как источник планетарного, солнечного и галактического магнетизма // Успехи физ. наук. 1987. Т. 152, № 2. С. 263–284.

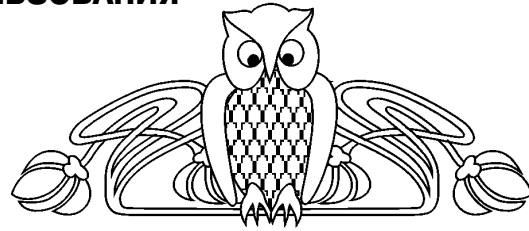
14. Герман Дж.Р., Голдберг Р.А. Солнце, погода и климат. Л., 1981. 319 с.
15. Neugebauer M., Smith E.J., Ruzmaikin A. et al. The solar magnetic field and the solar wind: existence of preferred longitudes // J. of Geophysical Research. 2000. Vol. 105. Iss. A2. P. 2315–2324.
16. Lawrence J.K., Cadavid A.C., Ruzmaikin A. Rotational quasi periodicities and the Sun – heliosphere connection / E-print. 2008. 22 p. (<http://ru.arxiv.org/abs/0803.3260>).

УДК 504.54:631

ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ПОЛУПУСТЫННОЙ ЗОНЫ САРАТОВСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ

В.А. Гусев, Н.В. Пичугина

Саратовский государственный университет,
кафедра физической географии и ландшафтной экологии
E-mail: gis@sgu.ru



В статье на примере хозяйств Александрово-Гайского и Новоузенского районов Саратовской области раскрывается, как на аридных земледельческих территориях активное вмешательство человека в естественный состав и функционирование экологических систем привело к значительному нарушению сложившегося баланса в экосистемах.

Показывается, что по силе негативного воздействия на окружающую среду доминирующее положение занимает производственно-экономическая система, представленная, прежде всего, аграрной подсистемой, базирующейся на возобновимых ресурсах.

Предлагается на первоначальном этапе совершенствования структуры землепользования проводить оценку сбалансированности природно-территориальных систем на основе концепции эколого-хозяйственного баланса территории.

Ключевые слова: Саратовское Заволжье, устойчивость территории, экологический каркас, структура землепользования, концепция эколого-хозяйственного баланса, уровень антропогенной преобразованности, коэффициент относительной напряженности.

Problems of Modern Land Use on an Example of a Semi-Arid Zone on the Left Bank of Volga River in Saratov Region

V.A. Gusev, N.V. Pichugina

Chair of physical geography and landscape ecology, geographical faculty Article reveals on an example of farms in Aleksandrovo-Gajski and Novouzenski areas of the Saratov region how active anthropogenic intervention in natural structure and functioning of ecological systems in arid agricultural territories leads to considerable disbalance in ecosystems.

Authors show that the dominating position on power of the negative influence on environment is occupied by industrial-economic system presented first of all agrarian subsystem based on renewable resources.

It is suggested estimating of the nature systems equilibrium on the basis concept of ecological-economical balance of territory as an initial stage of land use structure improvement.

Key words: The left bank of Volga river, stability of territory, ecological frame, structure of land use, strategy of ecological-economic balance, the level of anthropogenic change, the coefficient of relative intensity.

Саратовская область относится к числу регионов, где в последнее время заметно активизировались процессы аридизации и деградации территории. В значительной степени этому способствуют современные тенденции в изменении климата, а также возрастающая активность эрозионных процессов. Наиболее заметно процессы деградации проявляются в центральных и юго-восточных районах Саратовского Заволжья, которые представляют собой степные, сухостепные и полупустынные территории, остро реагирующие на антропогенную нагрузку и изменение климатических условий [1].

В полупустынную природно-климатическую зону Саратовского Заволжья входят два граничащих с Казахстаном района – Александрово-Гайский и частично Новоузенский.

Территория районов относится к аридной зоне и характеризуется резко континентальным климатом со средним годовым количеством осадков 250–200 мм, с суровой, практически бесснежной зимой и жарким летом, сильными ветрами в зимне-весенний период и частым проявлением засух. Почвенный покров земледельческой зоны слогают бурые пустынные и светло-каштановые почвы, большей частью малопродуктивные, малопродуктивные и малогумусные, преимущественно легкого механического состава. Все они подвержены дефляции и в меньшей степени водной эрозии.

Активное вмешательство человека в естественный состав и функционирование экологических систем на аридных земледельческих территориях привело к значительному нарушению