

## Оценка метеорологической засухи и морфометрический анализ рельефа агроландшафтов с применением данных дистанционного зондирования и наземных метеорологических наблюдений

А. И. Павлова

Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ»  
Новосибирск, 630099, Россия  
E-mail: annstab@mail.ru

Работа посвящена оценке метеорологической засухи и морфометрическому анализу рельефа с применением данных дистанционного зондирования и наземных метеорологических наблюдений. Стандартизированные индексы осадков и испаряемости (*англ.* Standardized Precipitation Evapotranspiration Index — SPEI) вычислены с применением суточных метеорологических данных (осадков и температуры приземного воздуха) с 1970 по 2021 г. Исследования выполнены на примере агроландшафтов Новосибирской обл. Анализ временного распределения засухи в агроландшафтах центрально-лесостепном Приобском, Барабинском и северо-лесостепном Колывано-Присалаирском показал, что среднее многолетнее значение SPEI близко к нормальному увлажнению. Однако характер изменения климатического индекса в отдельные годы существенно различается. Для морфометрического анализа рельефа использованы космические снимки японских спутников ALOS DSM (*англ.* Advanced Land Observing Satellite, Digital Surface Model) и ALOS PALSAR (*англ.* Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar). Центрально-лесостепной Барабинский агроландшафт располагается на низменной равнине. Нормализованная высота в центрально-лесостепном Барабинском агроландшафте меньше, чем в Приобском на 20 м, а в Колывано-Присалаирском — на 80 м. Для Барабинского агроландшафта характерно преобладание незначительных углов наклона рельефа (менее  $0,50^\circ$ ). Глубина базисов эрозии в среднем составляет 6 м. Среднее значение топографического индекса LS (*англ.* Length and Slope) примерно в семь раз меньше, чем в Приобском агроландшафте, и в 19 раз меньше, чем в Колывано-Присалаирском. В центрально-лесостепном Барабинском агроландшафте частота возникновения засух слабой интенсивности в июле и августе одинаковая (0,31). Частота возникновения засух умеренной интенсивности в мае и августе наибольшая (0,32). Центрально-лесостепной Приобский агроландшафт представляет собой полого-увалистую равнину. Распространены засухи умеренной и экстремальной интенсивности (26 %), сильной интенсивности (25 %), слабой интенсивности (23 %). В условиях Присалаирской холмисто-увалистой равнины для Колывано-Присалаирского агроландшафта в период вегетации зерновых культур с мая по август отсутствуют экстремальные засухи. Повторяемость засух слабой и умеренной интенсивности составляет 42 и 40 % от общего количества случаев, засухи сильной интенсивности возникают в 18 % случаев.

**Ключевые слова:** стандартизированный индекс осадков и испаряемости, агроландшафта, агроклиматические ресурсы, морфометрические параметры рельефа, геоморфометрия, цифровая модель рельефа

Одобрена к печати: 23.01.2024  
DOI: 10.21046/2070-7401-2024-21-1-220-230

### Введение

Согласно сведениям Всемирной метеорологической организации, на земном шаре наблюдается потепление климата. Средняя глобальная температура приземного воздуха за прошедшее столетие увеличилась на  $1,2^\circ\text{C}$  и составила  $+14,9^\circ\text{C}$ . Скорость потепления климата значительная: за период с 1976 по 2020 г. температура приземного воздуха выросла на  $0,8^\circ\text{C}$  (Climate..., 2022). На территории РФ изменение климата имеет некоторые особенности. Потепление климата на суше происходит быстрее, чем над водной поверхностью Мирового океана, почти в два раза и составляет  $0,51^\circ\text{C}/10$  лет (Третий..., 2022). С потеплением климата

увеличилось количество и продолжительность метеорологических засух. Засуха как одно из негативных погодных явлений существенно влияет на продуктивность сельскохозяйственных культур (Барковская и др., 2023; Ионова и др., 2019). Общая оценка ежегодного распределения засух осуществляется за период с мая по сентябрь. В последнее десятилетие наиболее часто наблюдается атмосферная засуха с середины мая и до последней декады июня (Ионова и др., 2019; Третий..., 2022).

При оценке агроклиматических ресурсов используют сумму значений активной температуры воздуха и осадков за период вегетации сельскохозяйственных культур, среднюю температуру самого холодного и самого тёплого месяца календарного года и другие показатели. Общая оценка увлажнённости территории осуществляется с помощью различных коэффициентов и индексов, вычисляемых на основе среднемноголетних метеорологических наблюдений. В отечественной литературе часто используют гидротермический коэффициент увлажнения (Страшная и др., 2018), для сельскохозяйственной продуктивности климата — биоклиматический потенциал территории (Барковская и др., 2023), определяющий рост и развитие растений.

В зарубежных исследованиях разработаны различные климатические индексы, применяемые для мониторинга засух. Наиболее известны стандартизированный индекс осадков (*англ.* Standardized Precipitation Index — SPI) и стандартизированный индекс осадков и испаряемости (*англ.* Standardized Precipitation Evatranspiration Index — SPEI), встречающиеся в более чем 80 работах, посвящённых оценке водообеспеченности территории и прогнозированию засухи (Araneda-Cabrera et al., 2021; Li et al., 2020; Muse et al., 2023; Müller, Bahn, 2022; Wang et al., 2022). Индекс SPEI, в отличие от SPI, позволяет учитывать распределение не только осадков, но и температуры приземного воздуха и суммарного испарения (потенциальной эвапотранспирации, *англ.* evapotranspiration). Данный индекс отражает основное влияние повышения температуры приземного воздуха на потребность растений в воде. Поэтому он используется для мониторинга метеорологической засухи в различных временных интервалах от 1 до 48 мес (Ndayiragije, Li, 2022; Wang et al., 2020; Zhang et al., 2022).

При оценке интенсивности метеорологической засухи используют результаты агроклиматического районирования. Встречается небольшое количество работ, в которых освещены вопросы выявления взаимосвязи пространственного распределения интенсивности засухи с геоморфологическими факторами агроландшафтов. В большинстве исследований оценка повторяемости засух для регионов России проводится без учёта геоморфологического фактора (Страшная и др., 2018). Оценка агроклиматических условий возделывания зерновых культур и интенсивности засухи за период вегетации культур с учётом геоморфологических условий формирования агроландшафтов имеет актуальный характер.

Цель исследований состоит в оценке метеорологической засухи и морфометрическом анализе рельефа агроландшафтов на примере Новосибирской обл.

Научная новизна работы состоит в оценке увлажнённости вегетационного периода зерновых культур с учётом интенсивности засухи в различных геоморфологических условиях агроландшафтов юго-востока Западной Сибири с применением данных дистанционного зондирования и наземных метеорологических наблюдений.

## Материалы и методы исследований

Исследования выполнены на примере Новосибирской обл., расположенной в средних широтах Северной Евразии. Область значительно протяжена с запада на восток (642 км) и с севера на юг (444 км). Большая часть области относится к юго-востоку Западно-Сибирской равнины, незначительная восточная часть расположена в пределах гор Южной Сибири. Территория не защищена от холодных арктических масс, поступающих с Северного Ледовитого океана. Воздушные массы характеризуются низкой температурой и низкой влажностью и оказывают существенное влияние на формирование климата. Климат области континентальный и относится к умеренному климатическому поясу с характерными большими колебаниями

среднемесячной температуры воздуха. Выражены четыре времени года. Наблюдается продолжительная и холодная зима длительностью 150–160 дней с господством азиатского антициклона. Снежный покров сохраняется до шести месяцев. Весна и осень непродолжительны. Лето короткое со средней месячной температурой воздуха в июле от 17,5 до 20 °С. Однако в засушливые годы температура в июле может достигать 35–40 °С. Для наиболее холодного месяца (января) характерно преобладание температуры воздуха –18 °С. Большая часть осадков приходится на летний период. Распределение осадков по административным районам неравномерное (<https://www.meteonova.ru/klimat/54/Novosibirskaya%20Oblast/>).

В качестве материалов исследований служили суточные сведения Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) (<https://meteoinfo.ru>), а также данные международного проекта GPM (*англ.* Global Precipitation Measurement) (<https://gpm.nasa.gov/data/visualizations/precip-apps>) за период с 1970 по 2021 г. о приземной температуре воздуха на высоте 2 м, количестве осадков и относительной влажности воздуха. Кроме того, в работе использованы сведения базы геоданных климата Новосибирской обл., разработанной с помощью геоинформационной системы ArcGIS (Павлова, 2021). База содержит информацию об осадках, средней месячной температуре воздуха, сумме значений активной температуры воздуха за период вегетации культур, гидротермическом коэффициенте Селянинова. Для мониторинга и прогнозирования метеорологической засухи необходимы актуальные сведения о суточном распределении метеорологических параметров. Поэтому для информационного обеспечения оценки повторяемости засухи предложено учитывать значения осадков температуры воздуха и испаряемости за сутки, десять суток и месяц.

В проведённых исследованиях при вычислении SPEI использованы суточные значения метеорологических данных. Стандартизированный индекс осадков и испаряемости SPEI вычислен с разным временным разрешением. Для оценки интенсивности засухи использована шкала, представленная в *табл. 1*.

Таблица 1. Интенсивность метеорологической засухи с использованием климатического индекса SPEI

Значение SPEI	Интенсивность засухи
от –1,00 до –0,5	слабая
от –1,49 до –1,00	умеренная
от –1,5 до –1,99	сильная
менее –2	экстремальная

Для анализа пространственного распределения засухи выполнена оценка геоморфологических условий агроландшафтов с применением методов геоморфометрии. В качестве количественных параметров рельефа вычислены следующие величины (Павлова, 2023): SH (*англ.* Standardized Height) — стандартизированная высота, м; NH (*англ.* Normalized Height) — нормализованная высота, м; VD (*англ.* Valley Depth) — глубина вреза речных долин, м; Slope — углы наклона рельефа; TCI (*англ.* Topographic Compound Index) — составной топографический индекс; TRI (*англ.* Topographic Ruggedness Index) — топографический индекс расчленённости рельефа; LS (*англ.* Length and Slope) — фактор эрозии почв; CD (*англ.* Closed Depressions) — топографический индекс близости к депрессиям.

Перечисленные морфометрические величины подсчитаны с использованием скорректированной цифровой модели рельефа (ЦМР). ЦМР построены на территорию Новосибирской обл. с применением радарных космических снимков высокого пространственного разрешения ALOS DSM (*англ.* Advanced Land Observing Satellite, Digital Surface Model, 30 м/пиксель) и ALOS PALSAR (*англ.* Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar, 12,5 м/пиксель).

## Результаты исследований

Для анализа увлажнения вегетационного периода зерновых культур на территории Новосибирской обл. были получены значения SPEI разного временного разрешения от одного месяца до одного календарного года за период с 1970 по 2021 г. Далее приведены результаты на примере агроландшафтов Новосибирской обл. центрально-лесостепного Барабинского и Приобского а также северо-лесостепного Колывано-Присалаирского. Центрально-лесостепной Приобский агроландшафт, расположенный на поверхности Приобского плато, разделён долиной р. Оби на левобережную и правобережную части. Рельеф представляет собой полого-увалистую равнину. Приобское плато образует третью ступень рельефа Новосибирской обл., для которой характерна абсолютная высота от 150 м на севере до 300 м на юге, а в долинах рек она понижается и составляет от 85 до 100 м. Центрально-лесостепной Барабинский агроландшафт расположен на плоской, полого-увалистой и гривно-увалистой равнине, возвышающейся над уровнем моря (н. у. м.) на 90–165 м. Среди форм рельефа преобладают гривы, междуречные пространства заняты небольшими увалами, имеющими общую ориентацию с северо-востока на юго-запад. В центральной части Барабинского агроландшафта преобладают гривный и гривно-котловинный типы рельефа. Северо-лесостепной Колывано-Присалаирский агроландшафт согласно климатическому районированию относится к северной лесостепной подзоне. В геоморфологическом отношении агроландшафт приурочен к морфоструктурам Присалаирской возвышенной равнины и Колыванско-Томской возвышенности. Для водоразделов Присалаирской возвышенной равнины характерна абсолютная высота от 230 до 390 м в направлении с запада на восток. Преобладающая высота водоразделов Колывано-Томской возвышенности составляет от 220 до 260 м н. у. м. На *рис. 1* приставлены границы территории исследований на примере Новосибирской обл.

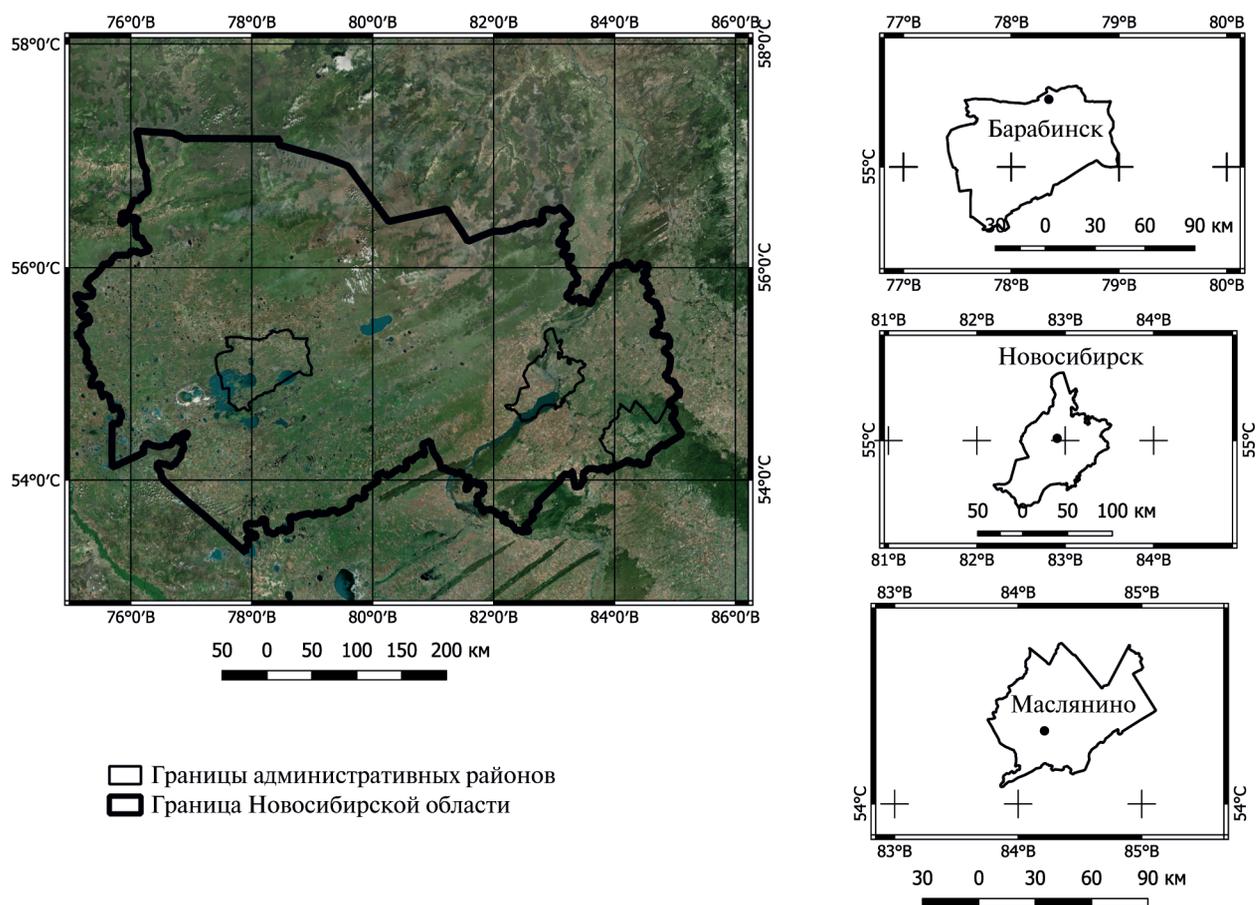
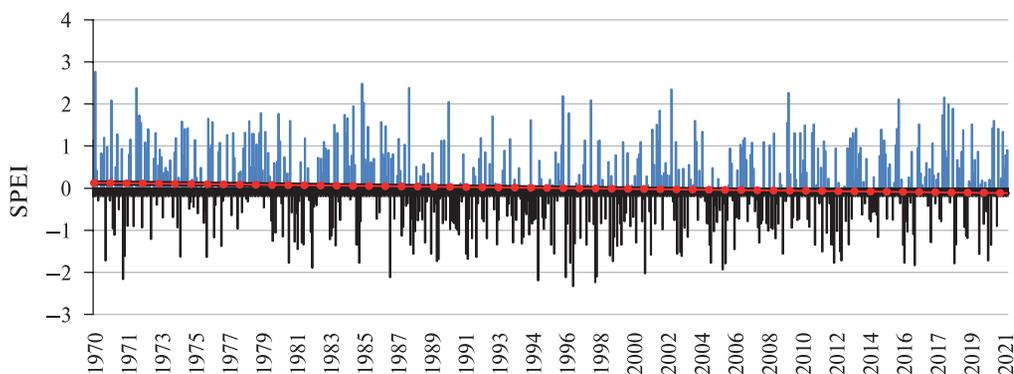
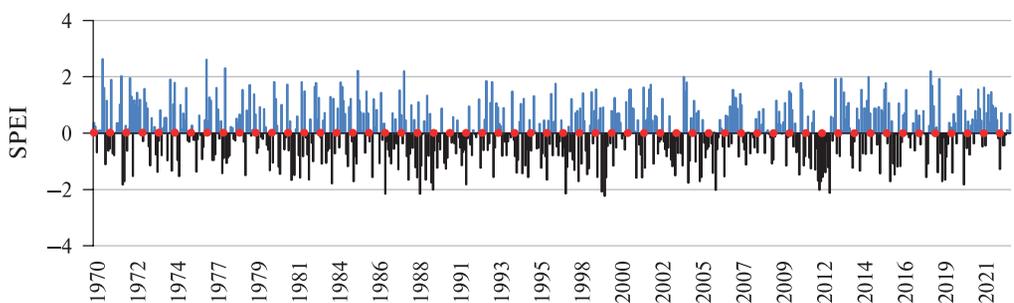


Рис. 1. Территория исследований

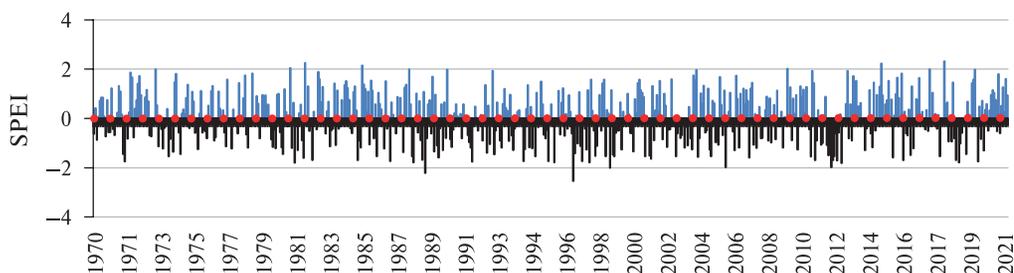
Для оценки интенсивности краткосрочной метеорологической засухи, имеющей наибольшее значение для прогнозирования урожайности зерновых культур, используют индексы с временным интервалом от 1 до 3 мес. На *рис. 2–4* представлены графики изменения климатического индекса SPEI, рассчитанного с временным интервалом 1 мес. Средние многолетние значения SPEI за период с 1970 по 2021 г., вычисленные для метеостанций «Барабинск» (№ 29612 “Barabinsk”), «Огурцово» (№ 296372 “Ogurtsovo”) и «Маслянино» (№ 29736 “Maslianino”), изменяются в диапазоне от  $-0,5$  до  $0,5$ .



*Рис. 2.* Значение SPEI для метеостанции «Барабинск» Новосибирской обл.



*Рис. 3.* Значение SPEI для метеостанции «Огурцово» Новосибирской обл.



*Рис. 4.* Значение SPEI для метеостанции «Маслянино» Новосибирской обл.

На *рис. 2–4* красным цветом изображена тренд-линия изменения показателя SPEI за период с 1970 по 2021 г. Характер изменения индекса в некоторые годы в течение периода вегетации зерновых культур с мая по август существенно различается. В отдельные годы SPEI изменяется в широком диапазоне (*рис. 5*, см. с. 225). Отрицательные значения показателя  $<-1,5$  свидетельствуют о распространении сильных и экстремальных засух.

Для центрально-лесостепного Барабинского агроландшафта повторяемость засух различной интенсивности неравномерна за вегетационный период. Частота возникновения засух слабой интенсивности в июле и августе была одинаковой и составила  $0,31$  — больше чем в мае на  $0,13$ . Для засух умеренной интенсивности наибольшая частота возникновения зафиксиро-

вана в мае и августе (0,32). В мае характерно проявление засух слабой и умеренной интенсивности с частотой 0,41 и 0,35 соответственно. Повторяемость засух сильной интенсивности на 58 % меньше в сравнении со слабыми засухами (рис. 6). В июле преобладают засухи слабой интенсивности (0,63). Частота засух умеренной и сильной интенсивности примерно одинакова (0,24 и 0,29 соответственно). Засухи умеренной и сильной интенсивности распространены гораздо меньше с одинаковой частотой 0,16. Возможно возникновение экстремальной засухи с очень низкой частотой 0,05. Для августа характерно распространение засух слабой, умеренной и сильной интенсивности. На территории центрально-лесостепного Барабинского агроландшафта наибольшее распространение получили засухи слабой интенсивности (54 % от общего количества). Засухи умеренной интенсивности составляют 26 %, сильной — 17 %, экстремальной — 3 %.

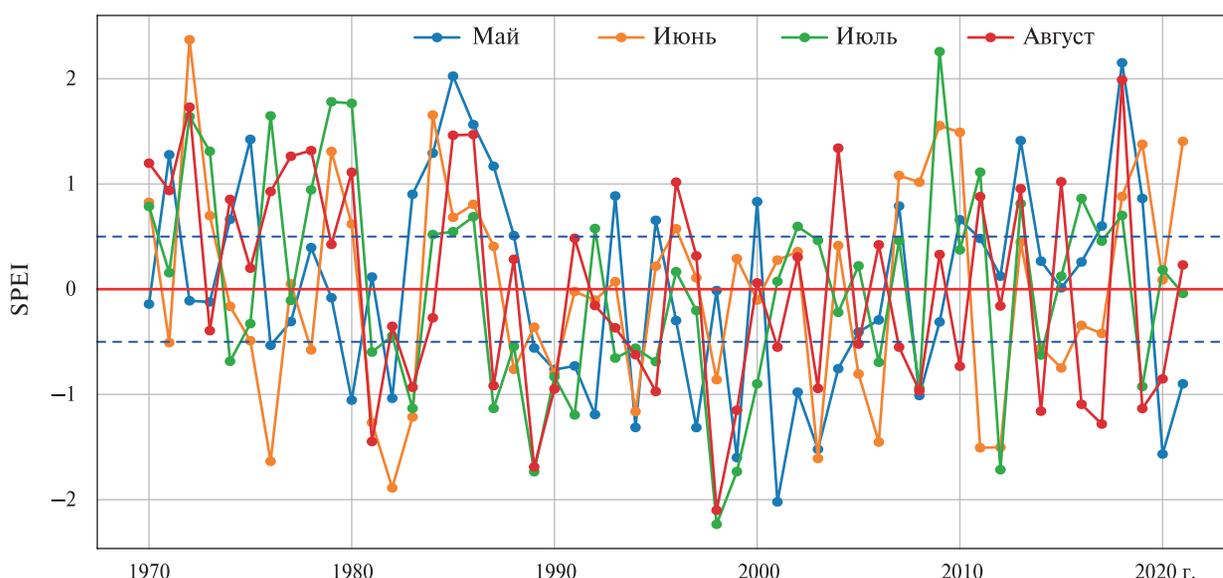


Рис. 5. График изменения SPEI за период вегетации зерновых культур для метеостанции «Барабинск» Новосибирской обл. за период с 1970 по 2021 г.

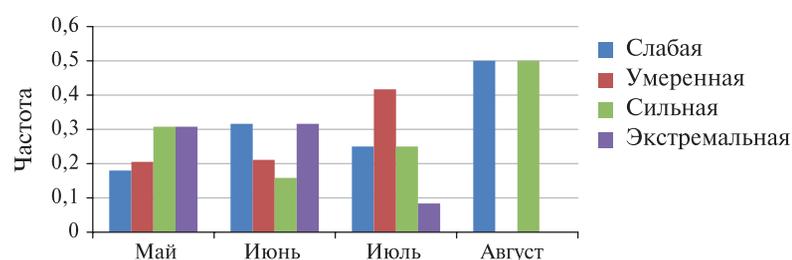


Рис. 6. Частота повторяемости засух с 1970 по 2021 г., метеостанция «Барабинск»

Для центрально-лесостепного Приобского агроландшафта в мае наиболее распространены засухи умеренной и сильной интенсивности. Частота возникновения засух данного типа одинаковая и составляет 0,29. Экстремальные засухи, характерные для мая и июня, имеют частоту 0,25. В июне преобладают засухи слабой и экстремальной интенсивности (частота 0,32). В июле наименее распространены засухи слабой интенсивности (0,08). Преобладают засухи умеренной и сильной интенсивности (0,33 и 0,42 соответственно). В июле получили распространение экстремальные засухи с частотой 0,17. Для августа характерны засухи слабой интенсивности (рис. 7, см. с. 226). Для центрально-лесостепного Приобского агроландшафта повторяемость засух различной интенсивности приблизительно одинаковая: распространены засухи умеренной и экстремальной интенсивности (26 % от общего количества засух), сильной (25 %) и слабой интенсивности (23 %).

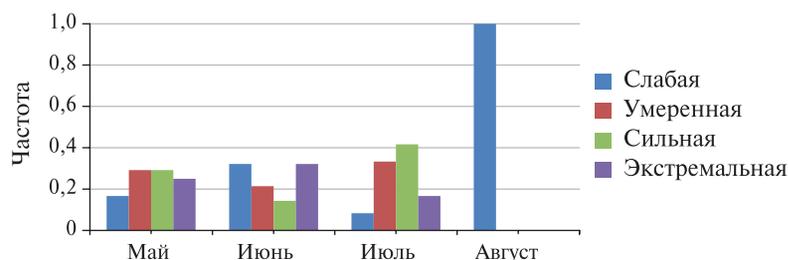


Рис. 7. Частота повторяемости засух с 1970 по 2021 г., метеостанция «Огурцово»

Для северо-лесостепного Колывано-Присалаирского агроландшафта характерно преобладание слабой засухи в мае и июне с частотой 0,55 и 0,53 соответственно. Сильные засухи распространены в мае (0,15) и в июле (0,21). В июле и августе преобладают умеренные засухи (соответственно 0,59 и 0,47) (рис. 8). Засух сильной интенсивности в июле и августе значительно меньше. Повторяемость засух слабой и умеренной интенсивности наибольшая и составляет 42 и 40 % от общего количества случаев. Засухи сильной интенсивности возникают в 18 % случаев. Для северо-лесостепного Колывано-Присалаирского агроландшафта характерно отсутствие экстремальных засух.

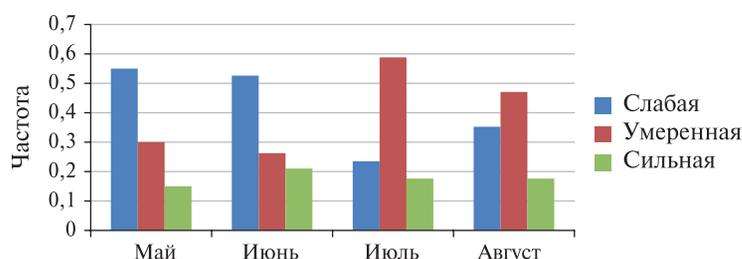


Рис. 8. Повторяемость засух с 1970 по 2021 г., метеостанция «Маслянино»

Для количественной оценки рельефа территории агроландшафтов созданы карты морфометрических показателей (рис. 9). В рельефе центрально-лесостепного Барабинского агроландшафта характерно повсеместное распространение отрицательных форм рельефа в виде западин, имеющих часто круглую форму. Гривы дешифрируются по ЦМР в виде вытянутых повышений, направленных почти параллельно друг другу. Рельеф агроландшафта относится в низменной равнине. Топографический индекс SH для Барабинского агроландшафта имеет меньшие значения и ниже, чем у Колывано-Присалаирского, на 80 м. Нормализованная высота для Барабинского агроландшафта и её стандартное отклонение меньше, чем у Приобского и Колывано-Присалаирского агроландшафтов, на 0,12. Здесь преобладают незначительные уклоны поверхности, не превышающие 1°. Глубина базисов эрозии (VD) меньше в два раза в сравнении с Приобским агроландшафтом и в четыре раза в сравнении с Колывано-Присалаирским. На территории Барабинского агроландшафта распространены процессы заболачивания, засоления. Топографический индекс CD, характеризующий относительную близость к западинам и другим отрицательным формам рельефа, для данного агроландшафта наименьший (табл. 2). Топографический индекс фактора эрозии LS в сравнении с Приобским и Колывано-Присалаирским агроландшафтами небольшой.

В условиях Барабинской низменности преобладают плоские поверхности рельефа с углами наклона менее 1°. Для Приобского агроландшафта характерны очень пологие склоны с крутизной до 3°. В Колывано-Присалаирском агроландшафте распространены плоские поверхности, а также покатые и пологие склоны с крутизной более 8°. На территории Колывано-Присалаирского агроландшафта развиты процессы водной эрозии почв, топографические индексы фактора эрозии LS и расчленённости рельефа TRI имеют наибольшие значения.

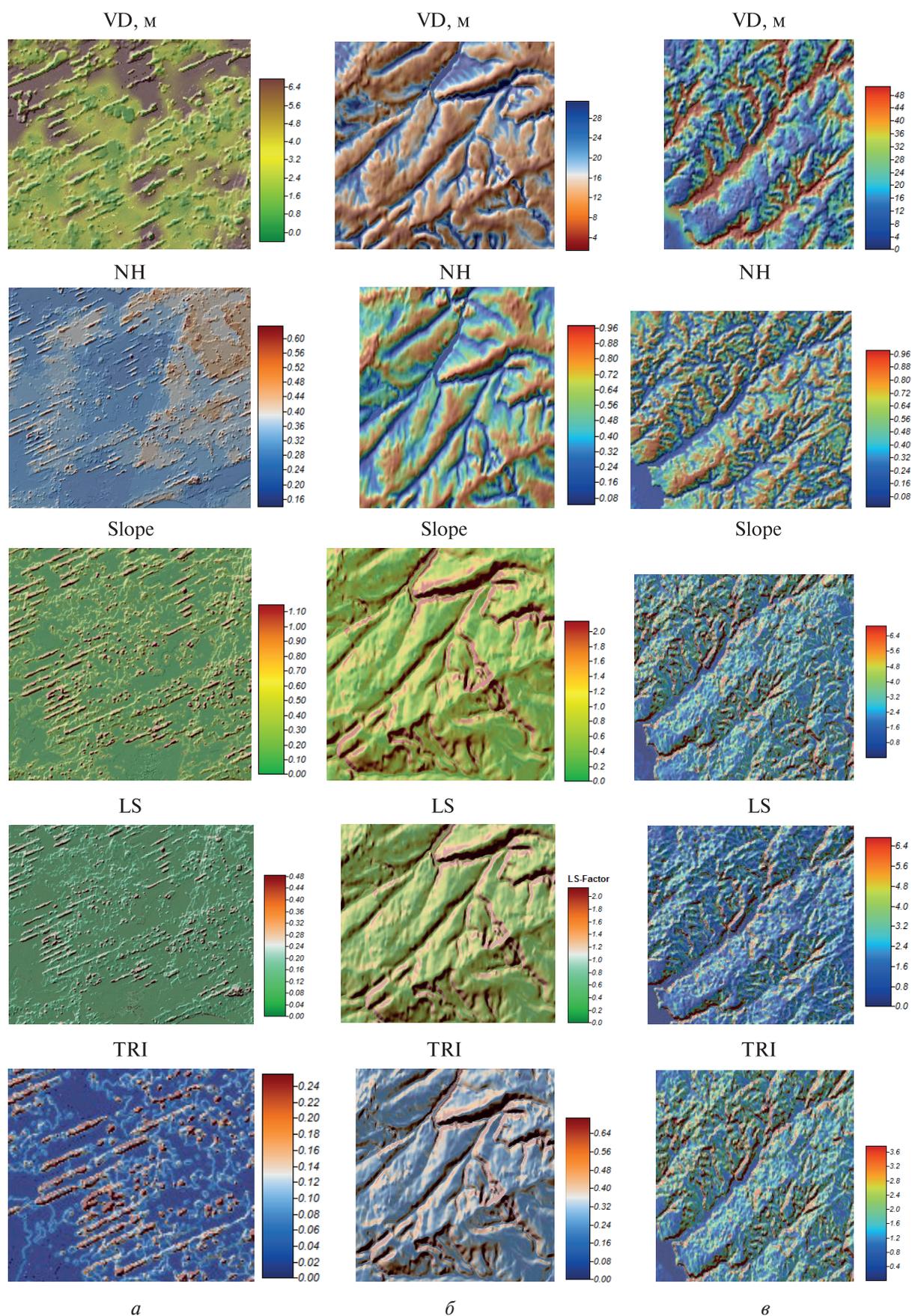


Рис. 9. Морфометрические показатели рельефа на территории агроландшафтов Новосибирской обл. центрально-лесостепного Барабинского (а), Приобского (б) и северо-лесостепного Кольвано-Прислаирского (в)

Таблица 2. Средние значения и стандартное отклонение морфометрических показателей рельефа агроландшафтов Новосибирской обл.

Морфометрические величины	Центрально-лесостепной Барабинский агроландшафт	Центрально-лесостепной Приобский агроландшафт	Северо-лесостепной Кольвано-Присалаирский агроландшафт
SH	105,88±5,26	123,16±45,60	185,66±84,95
NH	0,38±0,12	0,50±0,23	0,50±0,25
VD	6,00±2,53	12,80±9,26	26,52±19,46
Slope	0,26±0,43	1,77±0,67	3,60±2,15
TRI	0,06±0,10	0,26±0,22	1,44±1,60
LS	0,08±0,20	0,54±0,80	1,52±0,60
CD	0,40±0,52	1,33±1,83	1,83±4,76

### Заключение

Полученные результаты оценки повторяемости метеорологической засухи на основе стандартизированного индекса осадков и испаряемости за период с 1970 по 2021 г. показали, что частота возникновения засух в агроландшафтах Новосибирской обл. может существенно различаться. В условиях плоского заболоченного рельефа Барабинской низменности засухи слабой интенсивности составляют 54 % от общего количества засух; умеренной интенсивности — 26 %, сильной — 17 %, экстремальной — 3 %. Для центрально-лесостепного Приобского агроландшафта характерно распространение плоского и слабоволнистого рельефа с преобладанием очень пологих склонов. Распространены засухи умеренной и экстремальной интенсивности (26 %), сильной (25 %) и слабой (23 %) интенсивности. Для северо-лесостепного Кольвано-Присалаирского агроландшафта характерно сложное строение рельефа. Морфометрические показатели факторов эрозии почв, глубины базисов эрозии, крутизны склонов, нормализованной и стандартизированной высоты имеют наибольшие значения. В условиях холмисто-увалистой Присалаирской равнины в период вегетации зерновых культур с мая по август отсутствуют экстремальные засухи. Повторяемость засух слабой и умеренной интенсивности составляет 42 и 40 % от общего количества, засухи сильной интенсивности возникают в 18 % случаев. При оценке увлажнённости вегетационного периода сельскохозяйственных культур и интенсивности метеорологической засухи необходимо учитывать не только временное распределение SPEI, но и геоморфологические факторы формирования агроландшафтов.

### Литература

1. Барковская Т. А., Гладышева О. В., Кокорева В. Г. Оценка адаптивности и потенциальной продуктивности яровой мягкой пшеницы в условиях Рязанской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. № 24(1). С. 58–65. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.1.58-65.
2. Ионова Е. В., Лиховидова В. А., Лобунская И. А. Засуха и гидротермический коэффициент увлажнения как один из критериев оценки степени ее интенсивности (обзор литературы) // Зерновое хозяйство России. 2019. № 6. С. 18–22. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22>.
3. Павлова А. И. Пространственные базы данных агрономических геоинформационных систем // Siberian J. Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13. № 5. С. 336–349. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-5-336-349.
4. Павлова А. И. Создание базы данных геоморфометрических параметров рельефа с применением космических снимков // Siberian J. Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15. № 2. С. 336–349. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-2-125-138.
5. Страшная А. И., Бирман Б. А., Береза О. В. Особенности засухи 2012 г. на Урале и в Западной Сибири и ее влияние на урожайность яровых зерновых культур // Гидрометеорол. исслед. и прогнозы. 2018. № 2(368). С. 154–169.

6. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб.: Научные технологии, 2022. 124 с.
7. *Araneda-Cabrera R. J., Bermúdez M., Puertas J.* Benchmarking of drought and climate indices for agricultural drought monitoring in Argentina // *Science of the Total Environment*. 2021. V. 790. Article 148090. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.148090.
8. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability: IPCC Sixth Assessment report* / eds. H.-O. Pottner, D. Roberts, M. M. B. Tignor et al. Cambridge, UK; N.Y., USA: Cambridge Univ. Press, 2022. 3056 p. DOI: 10.1017/9781009325844.
9. *Li L., She D., Zheng H., Lin P., Yang Z.-L.* Elucidating Diverse Drought Characteristics from Two Meteorological Drought Indices (SPI and SPEI) in China // *J. Hydrometeorology*. 2020. V. 21. Iss. 7. P. 1513–1530. DOI: 10.1175/JHM-D-19-0290.1.
10. *Muse N. M., Taufur G., Safari M. J. S.* Meteorological Drought Assessment and Trend Analysis in Puntland Region of Somalia // *Sustainability*. 2023. V. 15(13). Article 10652. DOI: 10.3390/su151310652.
11. *Müller L. M., Bahn M.* Drought legacies and ecosystem responses to subsequent drought // *Global Change Biology*. 2022. V. 28. P. 5086–5103. DOI: 10.1111/gcb.16270.
12. *Ndayiragije J. M., Li F.* Effectiveness of Drought Indices in the Assessment of Different Types of Droughts, Managing and Mitigating Their Effects // *Climate*. 2022. V. 10. Article 125. DOI: 10.3390/cli10090125.
13. *Wang Q., Zhang R., Qi J. et al.* An improved daily standardized precipitation index dataset for mainland China from 1961 to 2018 // *Scientific Data*. 2022. V. 9. Article 124. DOI: 10.1038/s41597-022-01201-z.
14. *Wang Y., Yang J., Chen Y. et al.* Monitoring and Predicting Drought Based on Multiple Indicators in an Arid Area, China // *Remote Sensing*. 2020. V. 12(14). Article 2298. DOI: 10.3390/rs12142298.
15. *Zhang H., Yin G., Zhang L.* Evaluating the impact of different normalization strategies on the construction of drought condition indices // *Agricultural and Forest Meteorology*. 2022. V. 323(5). Article 109045. DOI: 10.1016/j.agrformet.2022.109045.

## Assessment of meteorological drought and morphometric analysis of the relief of agrolandscapes using remote sensing data and meteorological observation data

A. I. Pavlova

*Novosibirsk State University of Economics and Management  
Novosibirsk 630099, Russia  
E-mail: annstab@mail.ru*

The work is devoted to the assessment of meteorological drought and morphometric analysis of relief using remote sensing data and meteorological observation data. Standardized Precipitation and Evaporation Index (SPEI) is calculated using daily meteorological data (precipitation and air temperature) from 1970 to 2021. The research was carried out on the example of Novosibirsk Region. Analysis of the temporal distribution of drought in the central forest-steppe Priobsk, Barabinsk and north forest-steppe Kolyvano-Prisairsk agrolandscapes showed that the long-term average SPEI value is characteristic of normal moisturing. However, the nature of the change in the climate index in some years is significantly different. Space images from Japanese satellites ALOS DSM (Advanced Land Observing Satellite Digital Surface Model) and ALOS PALSAR (Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar) were used for morphometric analysis of the relief. The central forest-steppe Barabinsk agrolandscape is located on a lowland plain. The normalised height in the Central forest-steppe Barabinsk agrolandscape is 20 m lower than in the Priobsk agrolandscape and 80 m lower than in the Kolyvan-Prisairsky agrolandscape. The Barabinsk agrolandscape is characterized by the prevalence of insignificant slope (less than 0.50°). The base level of erosion is 6 m on average. The average value of the topographic index LS (Length and Slope) is about 7 times less than in the central forest-steppe Priobsk agrolandscape and 19 times less than in the Kolyvan-Prisair agrolandscape. In the central forest-steppe Barabinsk agrolandscape, the frequency of occurrence of droughts of low intensity in July and August is the same (0.31). The incidence of moderate-intensity drought in May and August is the highest (0.32). The central forest-steppe Priobsk agrolandscape represents a gentle plain. There are droughts of moderate and extreme intensity (26 %), strong intensity (25 %), weak intensity (23 %). There are no extreme droughts in the conditions of the hilly Prisair Plain for the Kolyvan-Prisair

agrolandscape during the growing season of grain crops from May to August. Repeatability of droughts of weak and moderate intensity is 42 and 40 % of the total number of cases, droughts of strong intensity occur in 18 % of cases.

**Keywords:** standardized precipitation and evaporation index, agrolandscapes, agroclimatic resources, morphometric relief parameters, geomorphometry, digital elevation model

Accepted: 23.01.2024

DOI: 10.21046/2070-7401-2024-21-1-220-230

## References

1. Barkovskaya T. A., Gladysheva O. V., Kokoreva V. G., Assessment of adaptability and potential productivity of spring soft wheat in the conditions of the Ryazan region, *Agricultural Science of the Euro-North-East*, 2023, No. 24(1), pp. 58–65 (in Russian), DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.1.58-65.
2. Ionova E. V., Likhovidova V. A., Lobunskaya I. A., Drought and hydrothermal moisture coefficient as one of the criteria for assessing the degree of its intensity (literature review), *Grain Farming in Russia*, 2019, No. 6, pp. 18–22 (in Russian), DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22.
3. Pavlova A. I., Spatial databases of agronomic geographic information systems, *Siberian J. Life Sciences and Agriculture*, 2021, Vol. 13, No. 5, pp. 336–349 (in Russian), DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-5-336-349.
4. Pavlova A. I., Creation of database of geomorphometric parameters of the relief on the example Novosibirsk region using satellite images, *Siberian J. Life Sciences and Agriculture*, 2023, Vol. 15, No. 2, pp. 336–349 (in Russian), DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-5-336-349.
5. Strashnaya A. I., Birman B. A., Bereza O. V., Features of the 2012 drought in the Urals and Western Siberia and its impact on the yield of spring grain crops, *Hydrometeorological Studies and Forecasts*, 2018, No. 2(368), pp. 154–169 (in Russian).
6. *Tretii otsenochnyi doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoi Federatsii. Obshchee rezhyume* (Third assessment report on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation. General summary), Saint Petersburg: High Technology, 2022, 124 p. (in Russian).
7. Araneda-Cabrera R. J., Bermúdez M., Puertas J., Benchmarking of drought and climate indices for agricultural drought monitoring in Argentina, *Science of the Total Environment*, 2021, Vol. 790, Article 148090, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.148090.
8. *Climate Change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability: IPCC Sixth Assessment report*, H.-O. Pottner, D. Roberts, M. M. B. Tignor et al. (eds.), Cambridge, UK; New York, USA: Cambridge Univ. Press, 2022, 3056 p., [https://report.ipcc.ch/ar6/wg2/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_FullReport.pdf](https://report.ipcc.ch/ar6/wg2/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf).
9. Li L., She D., Zheng H., Lin P., Yang Z.-L., Elucidating Diverse Drought Characteristics from Two Meteorological Drought Indices (SPI and SPEI) in China, *J. Hydrometeorology*, 2020, Vol. 21, Issue 7, pp. 1513–1530, DOI: 10.1175/JHM-D-19-0290.1.
10. Muse N. M., Taufur G., Safari M. J. S., Meteorological Drought Assessment and Trend Analysis in Puntland Region of Somalia, *Sustainability*, 2023, Vol. 15(13), Article 10652, DOI: 10.3390/su151310652.
11. Müller L. M., Bahn M., Drought legacies and ecosystem responses to subsequent drought, *Global Change Biology*, 2022, Vol. 28, pp. 5086–5103, DOI: 10.1111/gcb.16270.
12. Ndayiragije J. M., Li F., Effectiveness of Drought Indices in the Assessment of Different Types of Droughts, Managing and Mitigating Their Effects, *Climate*, 2022, Vol. 10, Article 125, DOI: 10.3390/cli10090125.
13. Wang Q., Zhang R., Qi J. et al., An improved daily standardized precipitation index dataset for mainland China from 1961 to 2018, *Scientific Data*, 2022, No. 9, Article 124, DOI: 10.1038/s41597-022-01201-z.
14. Wang Y., Yang J., Chen Y. et al., Monitoring and Predicting Drought Based on Multiple Indicators in an Arid Area, China, *Remote Sensing*, 2020, Vol. 12(14), Article 2298, DOI: 10.3390/rs12142298.
15. Zhang H., Yin G., Zhang L., Evaluating the impact of different normalization strategies on the construction of drought condition indices, *Agricultural and Forest Meteorology*, 2022, Vol. 323(5), Article 109045, DOI: 10.1016/j.agrformet.2022.109045.