



НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 556.3+631.47

ВЕКОВОЕ ИЗМЕНЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЛАНДШАФТОВ В ЗОНЕ ОРОСИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ (НА ПРИМЕРЕ ЮГА ХЕРСОНСКОЙ ОБЛАСТИ)¹

**В.И. Пичура¹, Ф.Н. Лисецкий²,
Я.В. Павлюк²**

¹ Херсонский государственный аграрный университет, Украина, 73006, г. Херсон, ул. Розы Люксембург 23

E-mail: pichura@yandex.ru

² Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы 85

E-mail: liset@bsu.edu.ru;
pavlyuk@bsu.edu.ru

Представлена характеристика изменения уровня грунтовых вод в зоне орошаемого земледелия сухостепной зоны юга Восточно-Европейской равнины за прошедшее столетие. Показана пространственная дифференциация устойчивости агроландшафтов под влиянием комплекса природно-антропогенных воздействий – роста площади пахотных земель при широком распространении их оросительной мелиорации, лесопользования и лесоразведения, гидротехнического строительства, а также направленных изменений климатических параметров (тепла и влаги).

Ключевые слова: оросительные мелиорации, сухостепная зона, уровень грунтовых вод, мелиоративное состояние земель, устойчивость агроландшафтов.

Введение

Для эффективной сельскохозяйственной деятельности землепользователей в сухостепной зоне юга Восточно-Европейской равнины в условиях глобального изменения климата актуальной проблемой становится экологически безопасное применение оросительных мелиораций. С их началом произошли изменения условий функционирования всех составляющих природной среды, в частности изменились направленность и скорости почвенных процессов. Результаты этих изменений могут иметь как положительный эффект (улучшение влагообеспеченности, повышения продуктивности и др.), так и отрицательные последствия (процессы подтопления, засоления, осолонцевания, заболачивания). Направление и интенсивность проявления негативных явлений на сельскохозяйственных и прилегающих к ним землях зависит в первую очередь от климатических и гидрологических условий региона, объемов подачи оросительных вод.

Учитывая современное состояние орошаемого земледелия в сухостепной зоне юга Восточно-Европейской равнины, неудовлетворительное техническое состояние значительной части оросительных систем, а также уровень ресурсного и технологического обеспечения как орошения, так и выращивания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях, можно утверждать, что существует высокая потенциальная опасность развития негативных процессов и явлений. Поэтому работы по обеспечению мониторинга состояния орошаемых земель имеют особую значимость как для оценки фактического эколого-агромелиоративного состояния и устойчивости сельскохозяйственных земель, так и для своевременного прогноза негативных процессов и явлений. Они должны быть основой для разработки и осуществления комплекса мероприятий по улучшению состояния и повышению производительности орошаемых и прилегающих земель.

Значительный вклад в изучение вопросов мониторинга, бонитировки, качественной оценки и охраны почв был сделан В.В. Медведевым, С.А. Балюком, В.О. Ушкаренко, М.И. Ромашенко [1–4] и другим учеными. За рубежом новые подходы к оценке и прогнозированию плодородия почв с использованием возможностей ГИС-технологий и дистанционного зондирования Земли представлены в работах N. Coops, R. Waring, G. McCarty, I. Reeves, M. Fagnano, N. Diodato, T. Terhoeven-Urselmans, T. Vagen [5–8] и др. Агроландшафты Северного Причерно-

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-35-50085 мол_нр.



морья отличаются исключительной длительностью и разнообразными видами аграрных нагрузок на почвы [9, 10], что требует определенной адаптации научно-методических подходов к их исследованию.

Многолетняя оценка и прогнозирование уровней грунтовых вод, а также определение устойчивости земель агроландшафтов от подтопления в районах длительного орошаемого земледелия являются основными индикаторами влияния климатических и антропогенных факторов в зоне орошения Восточно-Европейской равнины. Анализ динамики подтопления является основной составляющей мелиоративного режима, который влияет на формирование показателей плодородия орошаемых земель и соответственно на урожай сельскохозяйственных культур [11].

Материалы, объекты и методы исследования

Объект исследования – агроландшафты в зоне оросительных мелиораций сухостепной зоны юга Восточно-Европейской равнины (на примере юга Херсонской области). *Предмет исследований* – вековое изменение устойчивости агроландшафтов интенсивного использования в условиях изменения климата и антропогенной нагрузки.

Пространственно-временную оценку устойчивости агроландшафтов за многолетний период (122 года) проводили на основе двух источников информации. Во-первых, использовали архивные данные [12] для территории Днепровского уезда Таврической губернии (рис. 1), которые включали месторасположение смотровых колодцев (135 стационаров) и отметки уровня грунтовых вод (УГВ). Во-вторых, привлечены современные данные Государственного агентства водных ресурсов Украины, Каховской гидрогеолого-мелиоративной экспедиции, радарной топографической съемки для построения цифровой модели рельефа (ЦМР).

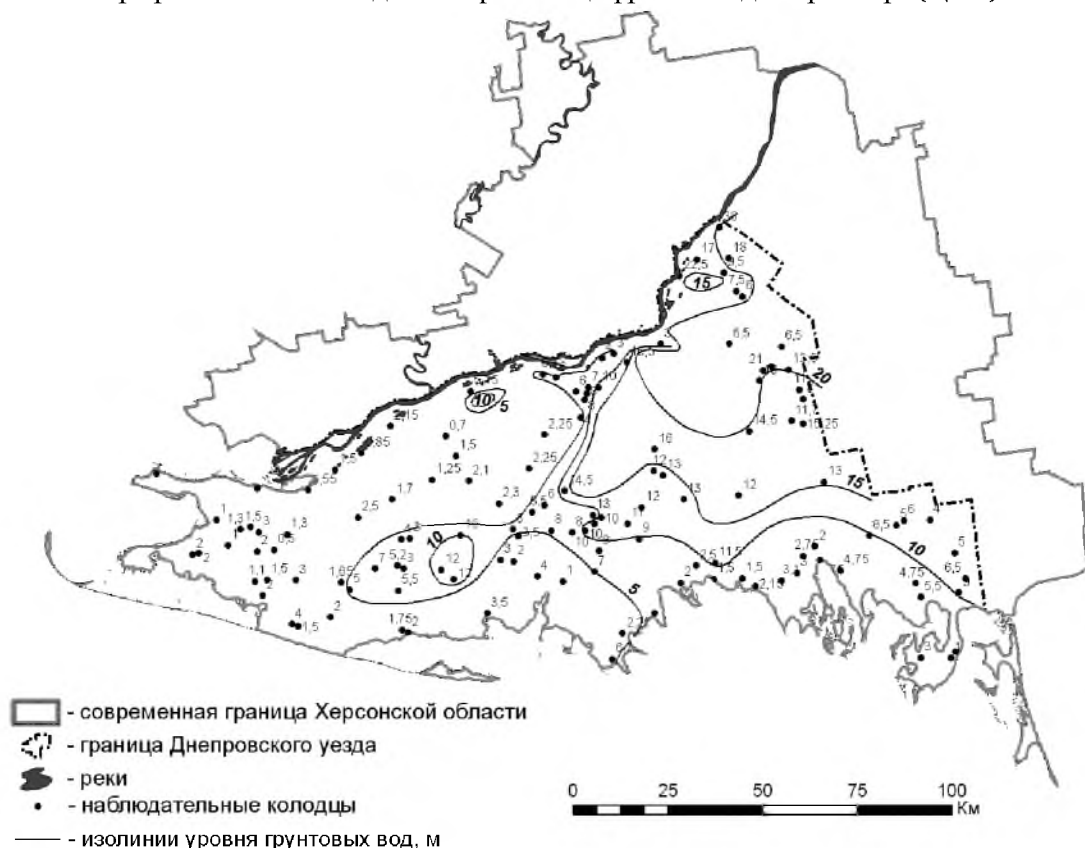


Рис. 1. Пространственное расположение смотровых колодцев с отметками уровней грунтовых вод на территории Днепровского уезда Таврической губернии (модификация карты Н. Головкинского 1892 г. [12])

Пространственно-временное исследование, моделирование и прогнозирование устойчивости агроландшафтов, определение многолетних закономерностей формирования основных параметров климатических условий (температура воздуха, сумма осадков) и антропогенной нагрузки для исследуемой территории проводили с использованием методов многомерной



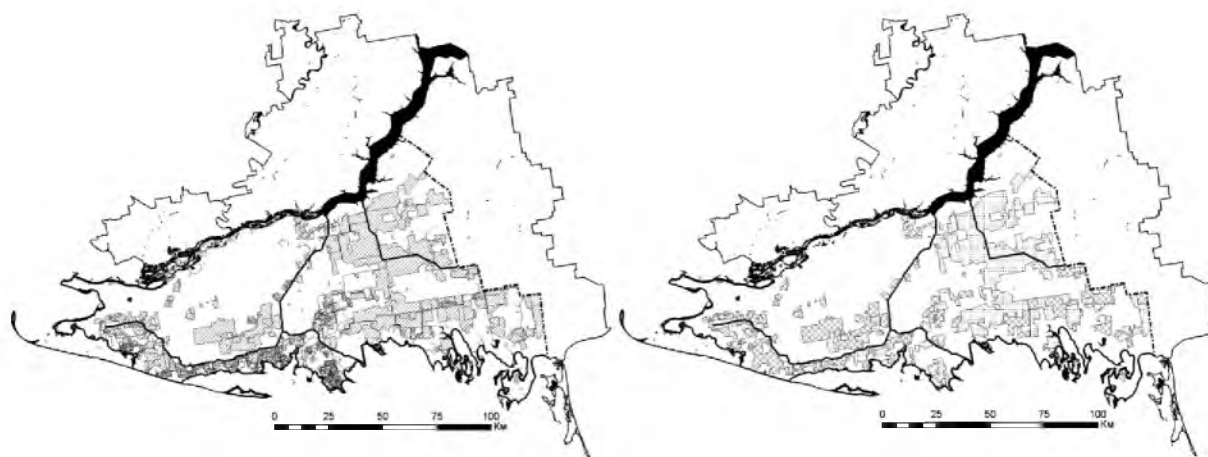
статистики и геостатистического анализа. Для временного анализа и прогноза использованы рабочие модули Time series and forecasting (TSF) программного продукта *STATISTICA 10.0*. Для пространственного моделирования применен метод радиально-базисной функции модуля *Geostatistical Analyst* программы *ArcGIS 10.1*.

На основе многолетних исследований оценки устойчивости агроландшафтов [13, 14] в зависимости от залегания УГВ предложена следующая классификация качественных состояний: *низкая устойчивость* агроландшафтов – это территории с постоянным подтоплением на начало и конец вегетационного периода или с высоким риском подтопления (УГВ < 2.0 м) и подверженные масштабному проявлению процессов засоления и осолонцевания почв; *средняя устойчивость* – это территории, которые частично подвержены подтоплению и при значительных суммах осадков (для сухостепной зоны больше 400 мм за год и больше 250 мм за вегетационный период при интенсивном орошении) имеют риск поднятия УГВ до 2 м (УГВ – 2.1–5.0 м), что также приводит к формированию почвенно-деградационных процессов; *высокая устойчивость* – это территории, которые не подвержены подтоплению грунтовыми водами и, соответственно, процессам засоления и осолонцевания почв (УГВ > 5.0 м).

Результаты и их обсуждение

Для базового периода проведенных исследований (1892 г.) Днепропровский уезд входил в состав Таврической губернии, его общая площадь составляла 11 470.5 квадратных верст, т.е. 1305.5 тыс. га. По состоянию на 1892 г. общая распаханность территории уезда составляла 24–26% (313–340 тыс. га), посевные площади были в основном заняты яровой пшеницей, рожью, ячменем. В настоящее время данная территория (юг Херсонской области Украины) распахана на 60% (723 тыс. га), основные возделываемые сельскохозяйственные культуры – озимая пшеница, ячмень, подсолнечник.

В Херсонской области пятую часть от всех сельскохозяйственных угодий занимают орошаемые земли – около 426.4 тыс. га, в том числе Каховская оросительная система (243.1 тыс. га), Северо-Крымский канал и Краснознаменская оросительная система (102 тыс. га), Ингулецкая оросительная система (18.2 тыс. га), локальные оросительные системы – 21.2 тыс. га, местное орошение – 40.7 тыс. га. Площади фактического использования орошаемых земель за 2003–2014 гг. составляли 250–285 тыс. га. Построенные оросительные системы, основная часть которых находится в границах бывшего Днепропровского уезда, – это 70% от всей орошаемой территории Херсонской области (рис. 2) и они являются наиболее масштабным видом антропогенных нагрузок на агроландшафт, индикатором которых может быть устойчивость земель к подтоплению.



- современная граница Херсонской области
- граница Днепропровского уезда
- запроектированные оросительные системы
- магистральные каналы
- сеть каналов
- реки и водохранилища
- земли, используемые для орошения
- земли, не используемые для орошения

Рис. 2. Современное (2014 г.) преобразование агроландшафтов юга Херсонской области оросительными мелиорациями (в границах быв. Днепропровского уезда)

В западной половине изучаемой территории (боровая терраса Днепра) большие площади занимают так называемые Алешковские пески. Они начинаются от г. Каховки и тянутся с



перерывами вниз по течению Днепра и лимана до Кинбурнской косы. Площадь песков составляет 161,2 тыс. га, а с учетом промежутков, не покрытых песками, – 210 тыс. га. В «Журнале общепользных сведений» за 1837 г. отмечено, что площадь лесов на песках нижнего Днепра, составлявшая в 1802 г. более 5000 га, к 1832 г. упала практически до нуля. Опытные работы по закреплению летучих песков были начаты в конце XVIII в., однако планомерный характер они приобрели в 1830–40 гг. в связи с активизацией работ по искусственному лесоразведению. Однако, период генерального межевания и наделения крестьян землей, длившийся около 30 лет (1859–1890 гг.), обернулся катастрофой для лесов, в том числе и посадок на песках Нижнеднепровья. По свидетельству Булатовича (1887 г.) многие облесенные площади песков были обращены «в первобытное состояние» [15]. Великая Отечественная война разделила всю историю лесоразведения на Алешковских песках на два отличающихся этапа: защитно-мелиоративный и лесохозяйственный. На первом столетнем этапе основной целью работ было закрепление песков и создание условий для интенсивного ведения сельского хозяйства: садоводства, виноградарства, выращивания табака и т.п. Второй этап освоения Нижнеднепровских песков начался в конце 40–х гг. XX в. Динамику лесов Херсонской области в период с 1956 по 1988 г. можно проследить по материалам учетов лесного фонда. В 1956 г. площадь государственного лесного фонда (ГЛФ) области оценивалась в 111 тыс. га, из которых менее 10% (9,2 тыс. га) было покрыто лесом (рис. 3). С 1956 по 1966 г. в ГЛФ передано около 70 тыс. га песчаных земель, после чего его общая площадь практически не менялась. Ценой огромных усилий и затрат за 32 года (1956–1988 гг.) покрытая лесом площадь Алешковских песков была увеличена в 8,6 раза – с 9,2 до 78,7 тыс. га. Это способствовало масштабному закреплению распространения песков и интенсивно транспирирующая лесная растительность способствовала снижению УГВ и сокращению площадей подтопления. Однако на Нижнеднепровских песках имеются многочисленные близководные понижения, облесение которых все еще является нерешенной проблемой. В настоящее время перспективность лесомелиорации песков оценивается не только в природоохранном и хозяйственном отношении, но и в экологическом плане [16].

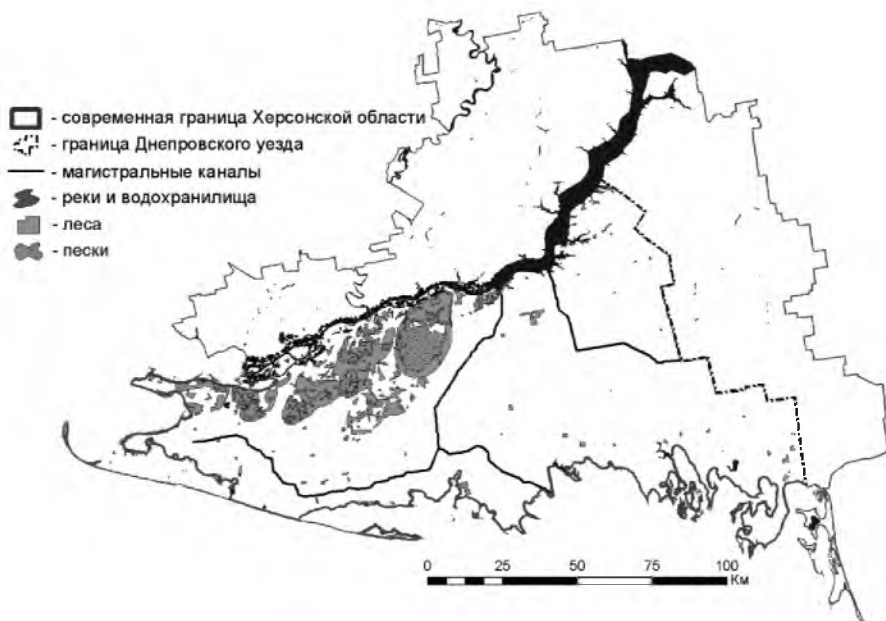


Рис. 3. Расположение Алешковских песков и динамика их облесения



Одним из наиболее значимых проявлений антропогенного воздействия на региональную геосистему Херсонской области является трансформация экосистемы реки Днепр [17], связанная с нарушением связей между абиотическими и биотическими компонентами. В результате масштабного гидротехнического строительства речной режим реки был искусственно трансформирован в озерный, что привело к резкому замедлению водной циркуляции и появлению обширных зон застоя. Хотя создание водохранилищ днепровского каскада и Каховской ГЭС позволило существенно увеличить водноресурсный и энергетический потенциал Украины, но при этом оказало негативное воздействие на окружающую среду, особенно низовья Днепра: поднятие УГВ, особенно в прибрежной части, усиление ее абразии и засоления почв, увеличение на порядок объема подземного стока, повышение уровня загрязнения подземных вод.

Для определения общих закономерностей временного формирования климатических условий за период XIX – начало XXI вв., были преобразованы фактические значения метеоданных с использованием «4253Н фильтра» (рис. 4). Этот метод фильтрации дает возможность получить сглаженный ряд, сохраняя основные характеристики исходного ряда. В результате анализа определены значительные различия климатических условий для двух качественно отличающихся периодов ведения земледелия. За весь период изменения среднегодовой температуры воздуха наблюдается положительная трендовая составляющая, экстремум которого приходится на начало XXI в., также отмечены многолетние циклы разной размерности в формировании условий увлажнения с положительной трендовой составляющей процесса, начиная с середины XX в.

По сравнению с концом XIX в. к настоящему времени среднегодовая температура повысилась на 2°C (с 9 до 11°C), сумма годовых осадков возросла на 122 мм (с 334 до 456 мм). Основным климатическим показателем, который в значительной мере влияет на изменение УГВ и, соответственно, гидрологического режима агроландшафтов в зоне орошаемого земледелия является увлажнение. Заметное положительное влияние на устойчивость агроландшафтов может оказать сочетание условий, когда среднегодовая температура воздуха будет выше нормы, а величины годовых сумм осадков будут снижаться. Пока рост степени увлажнения существенно компенсируется увеличением теплообеспеченности территории.

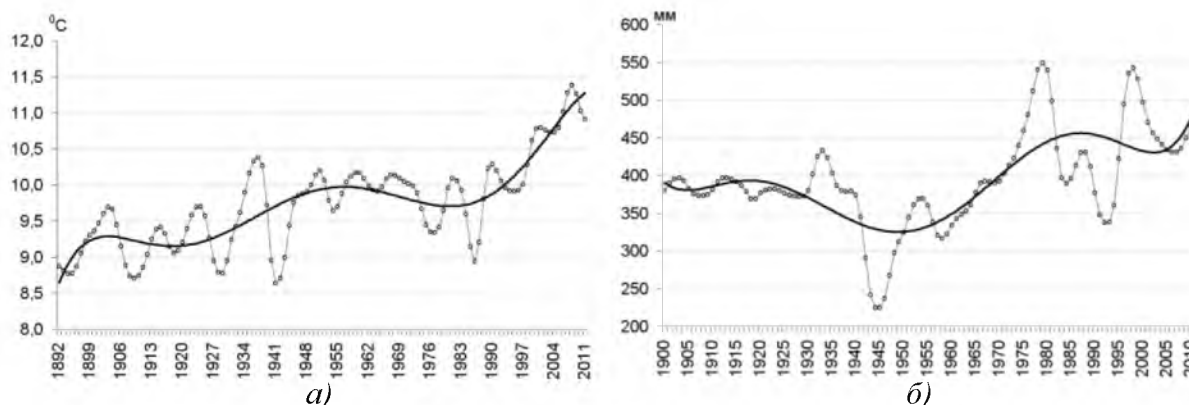
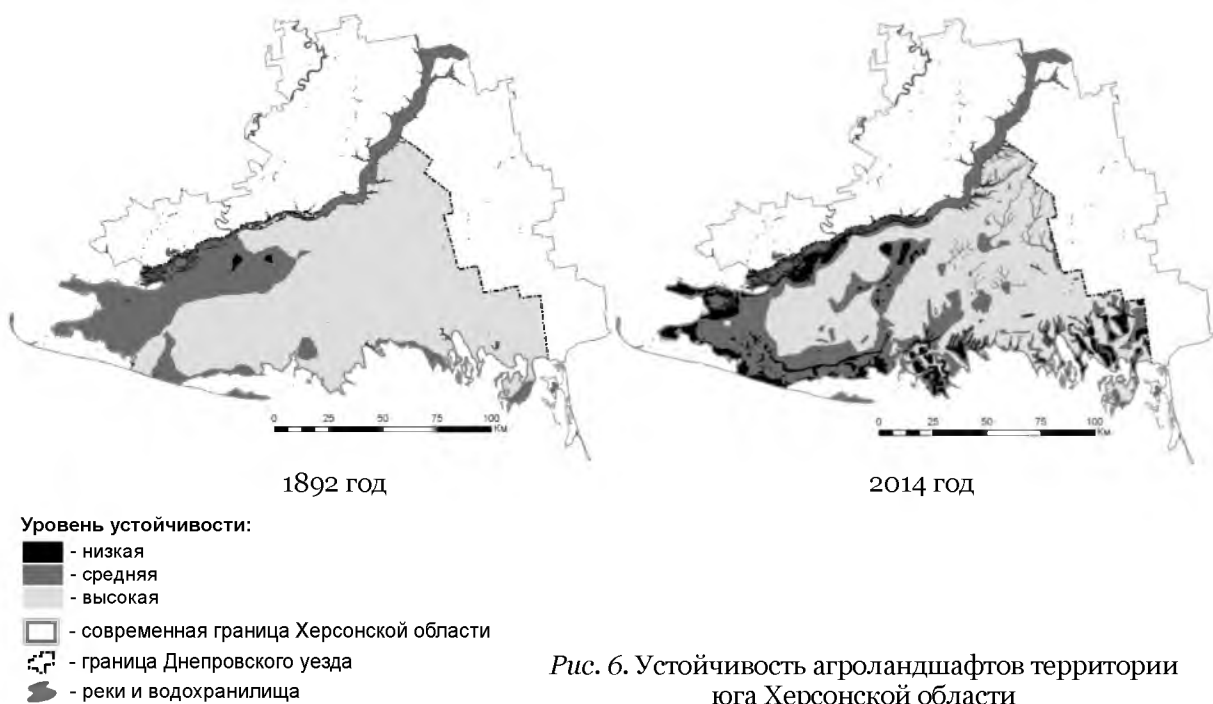
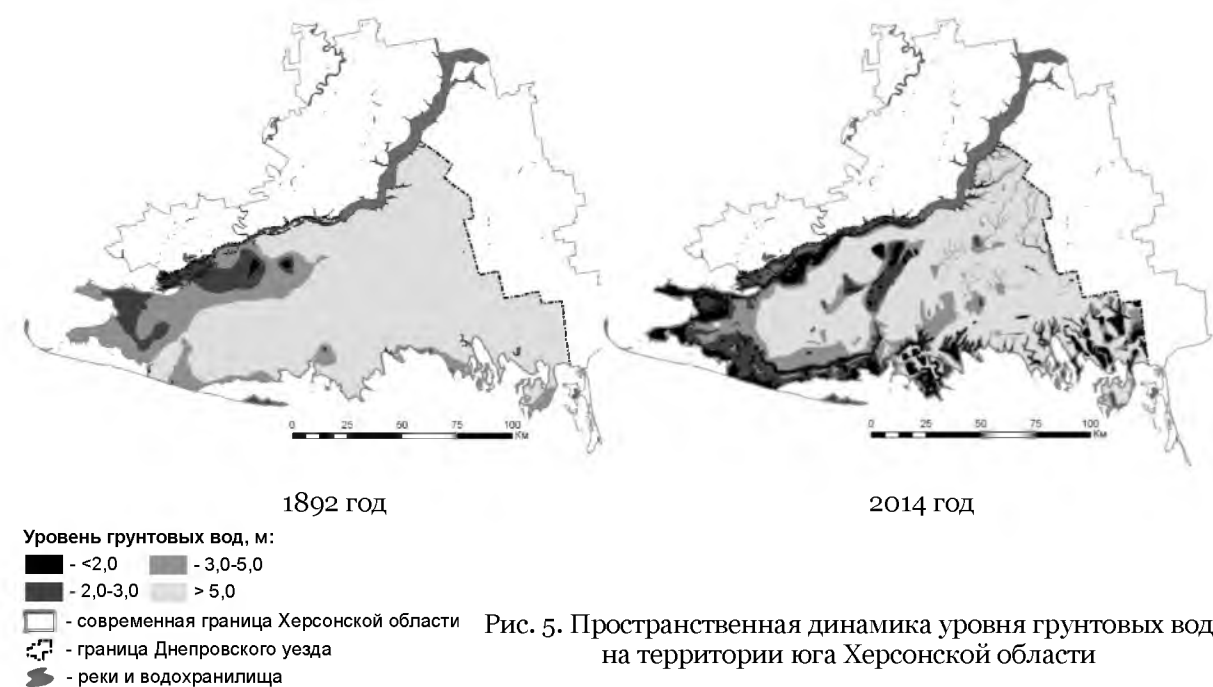


Рис. 4. Динамика изменения климатических показателей за период исследований (1892–2011 гг.): а) среднегодовая температура воздуха, град.; б) сумма годовых осадков, мм

Используя данные Н. Головкинского, геостатистическими методами моделирования было построена картограмма УГВ для территории Днепровского уезда по состоянию на 1892 г. Размах величин УГВ по территории варьирует от 0.5 м (прибрежная часть и зона Алешковских песков) до 65 м (центральная и северо-восточная часть исследуемой территории). На основе построенных картограмм динамики УГВ с учетом гидрогеологических условий и ЦМР исследуемой территории на конец XIX и начало XXI вв. (рис. 5) определены площади, характеризующиеся диапазоном величин УГВ: 1892 г.: <2 м – 4.1 тыс.га. (0.3% от общей площади), 2–3 м – 97.9 тыс. га (7.5%), 3–5 м – 212.4 тыс. га (16.3%), >5 м – 991.0 тыс. га (75.9%); 2014 г.: <2 м – 179.1 тыс. га (13.7%), 2–3 м – 174.3 тыс. га (13.4%), 3–5 м – 244.7 тыс. га (18.7%), >5 м – 707.3 тыс. га (54.2%). За столетний период в условиях климатических и антропогенных изменений наблюдается значительное поднятие УГВ до критических отметок в прибрежной и приканальной зонах орошаемых массивов. На начало XXI в. за счет уменьшения площади с УГВ >5 м в 1.4 раза произошло увеличение площади с УГВ < 2 м в 44 раза, с УГВ 2–3 м – в 1.8 и при УГВ



3–5 м – в 1.15 раза. Сравнительная оценка территории юга Херсонской области за многолетний период показала устойчивую закономерность снижения устойчивости агроландшафтов (рис. 6), что отражается в увеличении площадей с низким уровнем устойчивости на 175 тыс. га, средним уровнем – на 108.7 тыс. га и, соответственно, в уменьшении площади с высоким уровнем устойчивости на 287.3 тыс. га. Вариация динамики устойчивости агроландшафтов за последние 13 лет XXI в. (рис. 7) была незначительной и составляла: низкий уровень устойчивости – 147–258.9 тыс. га ($V=19\%$), средний – 395.3–434 тыс. га ($V=3\%$), высокий – 651.2–756.1 тыс. га ($V=4\%$).



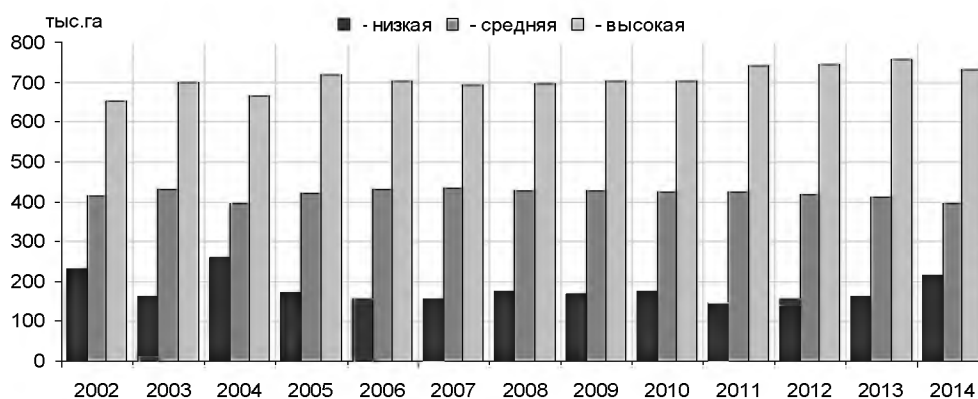


Рис. 7. Динамика устойчивости агроландшафтов территории юга Херсонской области

Заключение

В результате сравнительного анализа гидрогеологической ситуации по двум хроносрезам (1892 г. и 2014 г.), установлено, что устойчивость агроландшафтов в зоне оросительных мелиораций сухостепной зоны на юге Восточно-Европейской равнины детерминированы совместным влиянием климатических и антропогенных факторов. Учитывая исторические закономерности развития земледелия на территории Днепропетровского уезда и результаты пространственного моделирования, были определены территории с низким (4.1 тыс. га – 0.3% от общей площади) и средним (310.3 тыс. га – 23.8%) уровнем устойчивости агроландшафтов, которые находятся в низовье Днепра. Низкий уровень устойчивости ландшафтов в XIX в. на данной территории первоначально был обусловлен массовой вырубкой лесонасаждений. За 100 прошедших лет пространственно-временные закономерности формирования устойчивости агроландшафтов кардинально изменились. Значительно увеличилась антропогенная нагрузка на агроландшафты, что привело к увеличению их чувствительности на климатические изменения. Благодаря увеличению площади лесных насаждений в районе Алешковских песков в 8.6 раза возросла устойчивость агроландшафтов, прилегающих к песчаной арене, однако масштабное гидротехническое строительство обусловило снижение устойчивости ландшафтов в низовье Днепра.

Масштабное освоение территории под сельскохозяйственные угодья, особенно в связи с широкомасштабным распространением орошаемого земледелия, привело к активизации процессов деградации земель и почвенного плодородия, а в целом к снижению устойчивости агроландшафтов на больших площадях. В результате пространственного моделирования, установлено, что в настоящее время значительные площади сельскохозяйственных земель в зоне орошения и прилегающих территорий характеризуются низким (179.1 тыс. га – 13.7% от общей площади) и средним (419 тыс. га – 32.1%) уровнем устойчивости. Сравнительный анализ ситуаций, отделенных столетием, показал, что масштабное освоение земель под сельское хозяйство ведет к постоянным и, учитывая интенсивность земледелия, практически необратимым процессам ухудшения агроландшафтов и их устойчивости в районах оросительных мелиораций сухостепной зоны Восточно-Европейской равнины.

Список литературы

1. Медведев В.В. Мониторинг почв Украины. Концепция, предварительные результаты, задачи. – Харьков: Антика, 2002. – 428 с.
2. Ромащенко М.І., Балюк С.А. Зрошення земель в Україні. Стан та шляхи поліпшення. – Київ: Світ, 2000. – 114 с.
3. Ункаренко В.О., Морозов В.В., Колесніков В.В. та ін. Геоінформаційні системи для управління зрошуваними землями: Навч. посібник. – Херсон: Вид-во «ЛТ-Офіс», 2010. – 378 с.
4. Ромащенко М.І., Драчинська Е.С., Шевченко А.М. Інформаційне забезпечення зрошуваного землеробства. Концепція, структура, методологія організації. – К.: Аграрна наука, 2005. – 196 с.
5. Coops N., Waring R., Hilker T. Prediction of soil properties using a process-based forest growth model to match satellite-derived estimates of leaf area index // Remote Sensing of Environment. – 2012. – №126. – P 160–173.
6. McCarty G., Reeves I. Comparison of near infrared and mid infrared diffuse reflectance spectroscopy for field-scale measurement of soil fertility parameters // Soil Sci. – 2006. – №171. – P. 94–102.
7. Fagnano M., Diodato N., Alberico I. Fiorentino N. An overview of soil erosion modelling compatible with RUSLE approach // Rend. Fis. Acc. Lincei. – 2012. – №23. – P. 69–80.



8. Terhoeven-Urselmans T., Vagen T., Spaargaren O., Shepherd K. Prediction of soil fertility properties from a globally distributed soil mid-infrared spectral library // Soil Science Society of America J. – 2010. – Vol. 74. – №5. – P. 1792–1799.
9. Лисецкий Ф.Н. Пространственно-временная организация агроландшафтов. – Белгород: Изд-во Белгор. гос. ун-та, 2000. – 302 с.
10. Лисецкий Ф.Н., Родионова М.Е. Изменение почв и ландшафтов древнеземледельческих районов (на примере античной Ольвии) // География и природные ресурсы. – 2012. – №4. – С. 155–164.
11. Пичура В.И., Ларченко О.В., Домарацкий Е.А., Бреус Д.С. Пространственная оценка пригодности сельскохозяйственных земель для выращивания и проектирования урожая зерновых культур с использованием ГИС-технологий // Ученые записки Орловского государственного университета. – 2013. – №3. – С. 357–363.
12. Головкинский Н. Колодцы и горизонталы территории Днепровского уезда. Карта масштаба в одном дюйме 10 верст. – Симферополь. 1892.
13. Пичура В.И., Марущак А.Н. Оценка гидрогеолого-мелиоративного состояния рисовых систем Краснознаменского оросительного массива с использованием ДЗЗ, ГИС и нейротехнологий // Рисоводство. – 2012. – №2. – С. 39–45.
14. Пичура В.И. Пространственно-временное прогнозирование динамики грунтовых вод с использованием ГИС и нейротехнологий (на примере Скадовского района Херсонской области Украины) // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: сб. науч. тр. Вып. 5 / под общ. ред. Ю.А. Мажайского. Рязань: ФГБОУ ВПО РГГУ. – 2012. – С. 175–180.
15. Попков М., Полякова Л. Сосняки на песчаных аренах Нижнеднепровья: история, проблемы, перспективы. 1997 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.lesovod.org.ua/node/2880> (дата обращения: 15.07.2014).
16. Лисецкий Ф.Н. Почвообразовательный потенциал лесных насаждений при облесении песков в условиях лесостепи и степи // Известия высших учебных заведений // Лесной журнал. – 2008. – №4. – С. 13–20.
17. Лисецкий Ф.Н., Столба В.Ф., Пичура В.И. Периодичность климатических, гидрологических процессов и озерного осадконакопления на юге Восточно-Европейской равнины // Проблемы региональной экологии. – 2013. – №4. – С. 19–25.

SECULAR VARIATION OF THE STABILITY OF AGRICULTURAL LANDSCAPES IN THE AREA OF IRRIGATION RECLAMATION DRY STEPPE ZONE (FOR EXAMPLE, SOUTH OF THE KHERSON REGION)

**V.I. Pichura¹, F.N. Lisetskii²,
Ya.V. Pavlyuk²**

¹*Kherson State Agricultural University,
Rosa Luxemburg St., 23, Kherson,
73006, Ukraine*

E-mail: pichura@yandex.ru

²*Belgorod State National Research
University, Pobedy St., 85, Belgorod,
308015, Russia*

E-mail: liset@bsu.edu.ru;

pavlyuk@bsu.edu.ru

Characteristic changes in the groundwater level in the area of irrigated agriculture dry steppe zone of the South East European Plain in the past century is presented in the article. Spatial differentiation sustainability of agro-landscapes influenced by complex natural-anthropogenic impacts – growth of arable land with wide dissemination of irrigation, forest management and afforestation, hydraulic engineering, as well as directed changes in climatic parameters (heat and moisture) was shown.

Key words: irrigation, dry steppe zone, the groundwater level, condition of the soil, the stability of agricultural land.