

УДК 911.53

*А.А. Ямашкин, Л.А. Новикова, С.А. Ямашкин, Е.Ю. Яковлев, О.М. Уханова*

## **ПРОСТРАНСТВЕННАЯ МОДЕЛЬ ЛАНДШАФТОВ ЗАПАДНЫХ СКЛОНОВ ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ**

На основе многолетних полевых исследований и ГИС-моделирования (оценки ландшафтного разнообразия, анализа изменения яркости пикселей космических снимков, расчета морфометрических параметров рельефа, выделения границ ландшафтов, оценки состояния растительности, нейросетевых алгоритмов ландшафтного картографирования) геосистем формулируются закономерности ландшафтной дифференциации западных склонов Приволжской возвышенности в границах Республики Мордовия и Пензенской области, проявляющиеся в высотной (склоновой) смене их типов и подтипов. В волжском бассейне высотная структура имеет следующий вид: 1) лесные типы ландшафтов останцово-водораздельных пространств с абсолютными отметками более 245 м, которые подразделяются на а) ландшафты хвойных, смешанных и широколиственных лесов субпсаммофильного ряда; б) ландшафты широколиственных лесов сублитоморфного ряда; в) кальцефитные степи; г) псаммофитные степи; д) галофитные степи; 2) лесостепные ландшафты плакорного и субгидроморфного факторально-динамических рядов (высотный интервал 210–245 м) вторичных моренных и эрозионно-денудационных равнин; 3) нижний пояс (абсолютные отметки до 210 м) образуют луговые (травяные и кустарниковые) степи и остепненные луга: а) луговые степи и остепненные луга на суглинистых выщелоченных черноземах; б) луговые степи и остепненные луга на супесчаных выщелоченных черноземах. Луговые степи нижнего яруса контрастно переходят в ландшафты хвойных, смешанных лесов водно-ледниковых равнин краевой части Окско-Донской низменности. На волжско-донском междуречье в доминирующих плакорных условиях господствует типичная лесостепь. В бассейне р. Дон (речные системы Вороны и Хопра) наблюдается доминирование на междуречных и приводораздельных пространствах лугово-степных ландшафтов, которые на надпойменных террасах Хопра и Вороны сменяются сосновыми лесами псаммоморфного ряда.

*Ключевые слова:* пространственная модель, ландшафты, дифференциация, ландшафтообразующие процессы, хозяйственное освоение, оптимизация природопользования.

Поиск решений по гармонизации взаимодействия природных, социальных и производственных систем для целей формирования культурного ландшафта сопряжен с определением региональных закономерностей пространственной дифференциации и иерархической соподчиненности геосистем, выявлением тенденций изменения ландшафтообразующих процессов. Ландшафтные исследования природы выступают как междисциплинарные, целью которых является выявление генезиса, закономерностей развития, оценка рисков, разработка комплекса мероприятий по минимизации развития деструктивных явлений, оптимизации хозяйственного освоения природных ресурсов, сохранению среды обитания живых организмов, включая человека.

### **Материалы и методы исследований**

В основу ландшафтного картографирования региона положены генетический, исторический и структурный (системный) принципы. Генетический принцип определения ландшафтов предполагает первоочередное использование для идентификации и систематизации тех свойств и признаков, которые непосредственно связаны с их происхождением. Принцип историзма ориентирует на исследование состояния ландшафтов с учетом конкретных хронологических рамок развития природы и конкретной обстановки антропогенной трансформации геосистем. Принцип системного подхода ориентирует на установление целостности и иерархической подчиненности геосистем.

Для разработки синтетической электронной ландшафтной карты Республики Мордовия и территориально смежной с ней Пензенской области используется комплекс программного обеспечения, включающий ArcGIS 9.3.1 и ERDAS Imagine 9.1. Дешифрирование космических снимков опиралось на объективные автоматические и автоматизированные методики. Поэтому для осуществления ландшафтно-экологического анализа были разработаны алгоритмы, работа которых апробирована на тестовых полигонах: алгоритм оценки ландшафтного разнообразия методом вычисления информационной энтропии (полигон «Инерка») [1]; алгоритм анализа изменения яркости для выявления интервалов повышенного ландшафтного разнообразия (полигон «Чеберчинка») [2]; алгоритм расчета морфометрических параметров рельефа через анализ карты высот; алгоритм выделения границ ландшафтов

[3]; алгоритм оценки состояния растительности, основанный на расчете усовершенствованного вегетационного индекса [4], позволяющий вести настройку корректирующих параметров для достижения наилучшего результата определения свойств растительности; нейросетевой алгоритм ландшафтного картографирования [5] на базе космических снимков, построенный на основе модели нейронной сети прямого распространения и предполагающий возможность конфигурирования архитектуры нейронной сети; работа этого и двух предыдущих алгоритмов апробирована в рамках анализа тестового полигона «Национальный парк “Смольный”».

Электронная ландшафтная карта (ЭЛК) региональной геоинформационной системы (ГИС) «Мордовия» обеспечивает обобщение разноуровневой информации [6; 7]. Программные модули, поддерживающие ЭЛК, обеспечивают послойный вывод на экран дисплея карты или ее фрагментов в соответствующем масштабе, редактирование карты, вычисление отмеченных длин и площадей, вывод на карту информации из подключаемых баз данных, получение сведений по отдельным точкам из подключенной базы данных, статистическую обработку информации по группе точек, попадающих на отмеченную площадь, связь видов графической заливки с набором легенд, лексический поиск по подключенным базам данных и файлам легенд.

Характеристика травяной и лесной растительности лесостепи описываемых ландшафтов приводится в основном по собственным данным [8-11]. Латинские названия видов приводятся по С.К. Черепанову [12].

Определяющими факторами, обусловившими современную структуру ландшафтов западных склонов Приволжской возвышенности, являются тектонические процессы, изменение климата и хозяйственная деятельность человека. Становление ландшафтов Приволжской возвышенности и находящихся в условиях парагенеза с ними геосистем Окско-Донской низменности начинается с конца палеогена.

В неогене начинают формироваться **системы ландшафтов**, что проявляется в установлении двух основных тенденций изменения климата, имевших «важное значение для формирования... современной природы. Первая из них заключается в направленном тренде к глобальному похолоданию климатических условий... Вторая... в появлении ярко выраженных колебаний в состоянии природы от резко холодных условий... до теплых...» [13]. Если климат начала неогена был теплым и влажным, то к плейстоцену сменился эпохами похолоданий и потеплений; менее значительные климатические флуктуации в голоцене привели к установлению современного радиационного режима, атмосферной циркуляции и водно-теплового баланса. Приток прямой солнечной радиации изменяется от 5,0 кДж/см<sup>2</sup> в декабре до 58,6 кДж/см<sup>2</sup> в июне. Среднемесячная температура самого холодного месяца (января) составляет от -12 до -13 °С, а самого теплого месяца (июля) – от +19 до +20 °С. Показатель среднегодового количества осадков уменьшается от 650 мм на возвышенном лесистом северо-востоке в Засурье до 550 мм и менее в засушливые годы на юге и юго-востоке в долинах рек Узы и Хопра. Коэффициент увлажнения при этом изменяется: на севере и северо-востоке – от 1,0 до 1,1, в центральных и южных районах он составляет 0,9–1,0, а в долине Хопра – меньше 0,9 [10]. Значения гидротермического коэффициента в регионе колеблются от 0,4 в засушливые годы до 1,7 во влажные.

В неоген-четвертичное время происходит образование морфотектонических структур, составивших инвариантную структуру литогенной основы ландшафтов. В результате поднятий Приволжской возвышенности и значительного размыва коренных горных пород формируются серия поверхностей выравнивания, склоны и речные долины. В составе класса равнинных ландшафтов в плейстоцене обособляются подклассы геосистем – **возвышенные, низменные и низинные**. В период развития максимального донского оледенения большая часть исследованного региона покрывалась льдом. Граница максимального распространения ледника проходит по уступу олигоценовой поверхности на междуречье Алатыря и Суры в Мордовии и далее на юг по долинам Суры и Ардыма в Пензенской области. На восток от этого рубежа формируются ландшафты возвышенных эрозионно-денудационных равнин пластово-ярусной Приволжской возвышенности; на запад простираются вторичные моренные равнины, а на северо-западе региона локализуются геосистемы водно-ледниковых равнин краевой части Окско-Донской низменности, которые узкими полосами проникают в глубь возвышенности.

Пространственная структура **типов ландшафтов**, формирующаяся с неогена, современный характер приобретает в среднем голоцене. По мере изменения климата ландшафты с вечнозеленой тропической растительностью постепенно замещаются геокомплексами листопадных лесов, саванн и степей,

а в эпоху глобальных похолоданий плейстоцена – таежными, лесотундровыми, тундростепными ландшафтами. В среднем голоцене на западных лесостепных склонах Приволжской возвышенности формируется современная инвариантная структура типов ландшафтов: пространственная мозаика средней тайги, ландшафты широколиственных лесов, луговых (травяных и кустарниковых) степей и остепненных лугов. Особенности современного зонального положения региона определяют господство суббореальных северных семигумидных (лесостепных) умеренно континентальных ландшафтов.

Рисунок типов ландшафтов зависит от литогенной основы на уровне **рода и подрода** ландшафтов. Их выделение проводилось в процессе дешифрирования космических снимков на основе факторально-динамических рядов [14], в составе которых типовыми являются: *сублитоморфный ряд* – сокращение мощности почвы и усиленное вовлечение в геосистему первичного минерального субстрата; *субгидроморфный* – превращение сухопутных фаций в коллекторы влаги в системе естественного дренажа; *субстагнозный* – углубление застаивания вещества, подтягивание к геосистеме грунтовых вод, замещение почвы отмершей органикой; *субпсаммофитный* – нарастание физико-химической пассивности, механической рыхлости, биолого-экологической опустошенности почвы. Спектр факторально-динамических рядов расширяется при их комбинированном использовании.

## Результаты и их обсуждение

**Лесостепь Приволжской возвышенности.** На западном склоне Приволжской возвышенности доминирует подкласс лесостепных ландшафтов возвышенных эрозионно-денудационных и вторичных моренных равнин с глубиной эрозионного вреза 60–100 м, что определяет сложную мозаику лесных и лугово-степных геосистем.

**1. Подкласс ландшафтов возвышенных эрозионно-денудационных равнин** Приволжской возвышенности представлен в левобережье р. Суры на территории Мордовии и в правобережье Суры и Узы в Пензенской области. В рельефе отчетливо выделяется верхнее плато с максимальными высотными отметками до 340 м. Характерными чертами рельефа являются асимметрия склонов, наличие крутых (до 25–30°) склонов южной и юго-западной экспозиций и пологих северо-восточных и восточных склонов. Долина р. Суры имеет преимущественно правостороннюю асимметрию. Впадающие в нее малые реки протекают по узким долинам и также имеют выраженную асимметрию бортов. Особенности литогенной основы останцово-водораздельных массивов определяются составом палеогеновых отложений. В составе сызранской свиты палеоцена в левобережье р. Суры на территории Мордовии преобладают опоки, подчиненное значение имеют пески, песчаники, алевриты, диатомиты, трепела; в саратовской и камышенской свитах в правобережье р. Суры преобладают пески, песчаники, алевриты, глины, трепела; средний отдел эоцена включает пески, песчаники, алевриты, глины. Коренные породы перекрываются тонкозернистыми пылевато-глинистыми делювиальными песками. Распространение кремнисто-карбонатных и группы рыхлых осадочных горных пород, включающих пески, пыль и лёссовидные отложения, обуславливают хорошую дренированность ландшафтов, проявление эрозионных, суффозионных и карстовых процессов. Выходы подземных вод наблюдаются главным образом на уровне воды в реках. Наибольшей водообильностью отличаются источники, расположенные в верховье Суры.

**Лесные ландшафты верхнего яруса Приволжской возвышенности.** Морфологическая структура ландшафтов верхнего яруса определяется субпсаммофитными, сублитоморфными и субстагнозными факторально-динамическими рядами. Наиболее типичными сообществами являются: а) хвойные, хвойно-широколиственные и широколиственные леса на светло-серых и серых лесных песчаных и супесчаных почвах; б) широколиственные леса на светло-серых и серых лесных щебнистых почвах.

1.1. Остатово-водораздельные поверхности с западинными и котловинными формами рельефа верхнего плато Приволжской возвышенности, сложенные маломощными элювиально-делювиальными образованиями палеогеновых песков и песчаников со светло-серыми и серыми лесными песчаными почвами под хвойными и хвойно-широколиственными лесами с доминированием в основном древесном ярусе *Pinus sylvestris*. В смешанных лесах к сосне могут примешиваться другие виды лиственных деревьев: *Quercus robur*, *Tilia cordata*, *Acer platanoides*, *Betula pendula*, *Populus tremula*. В чистых хвойных лесах подлесок часто отсутствует. В подлеске смешанных лесов могут участвовать как неморальные: *Acer tataricum*, *Euonymus verrucosa*, *Corylus avellana*, так и бореальные виды кустарников: *Juniperus communis*, *Daphne mezereum*. В травяно-кустарничковом ярусе доминируют *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *Calamagrostis arundinacea*, *Pteridium aquilinum*; встречаются

*Veronica officinalis*, *Pyrola rotundifolia*, *Chimaphila umbellata*, *Orthilia secunda* и др. В этих лесах отмечается множество редких для региона таежных и подтаежных видов: *Huperzia selago*, *Diplazium complanatum*, *Lycopodium clavatum*, *L. annotinum*, *Ophioglossum vulgatum*, *Diplazium sibiricum*, *Gymnocarpium dryoperis*, *Phegopteris connectilis*, *Neottianthe cucullata*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Oxalis acetosella*, *Moneses uniflora* и др. По котловинным формам рельефа встречаются верховые и переходные болота с участием редких видов: *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum*, *Chamaedaphne calyculata*, *Andromeda polifolia*, *Oxycoccus palustris*, *Drosera rotundifolia*, *D. anglica*, *Salix lapponum*, *S. myrtilloides* и др. Преобладают лесохозяйственные антропогенные ландшафты.

1.2. Склоны верхнего плато Приволжской возвышенности, сложенные делювиальными пылеватопесчаными и песчаными отложениями, подстилаемые палеогеновыми песчаниками, опоками, мергелями со светло-серыми и серыми лесными песчаными почвами под хвойными и хвойношироколиственными лесами с участием степных видов: *Helichrysum arenarium*, *Koeleria glauca*, *Carex supina*, *Artemisia campestris*, *Dianthus arenarius*, *Jurinea cyanooides* и др. Преобладают лесохозяйственные антропогенные ландшафты.

1.3. Водораздельные массивы осевой части Приволжской возвышенности, сложенные мало мощным элювием кремнисто-карбонатных (опоки, мергели) и терригенных (песчаники) пород палеогенового и мелового возраста. Почвенный покров представлен светло-серыми и серыми лесными щебнистыми почвами. Структура растительного покрова представлена неморальными широколиственными лесами и луговыми степями. В широколиственных лесах доминируют *Quercus robur*, *Tilia cordata*, *Acer platanoides*, *Betula pendula*, *Populus tremula* и *Fraxinus excelsior*. Кустарниковый ярус образован в основном *Corylus avellana*. В травяном ярусе доминируют типичные неморальные виды: *Aegopodium podagraria*, *Carex pilosa*, *Asarum europaeum*, *Mercurialis perennis* с участием редких видов – *Epipactis atrorubens*, *Digitalis grandiflora*, *Lupinaster albus*, *Bupleurum longifolium*, *Cypripedium guttatum*, *C. calceolus*, *Platanthera chlorantha*. Луговые степи носят меловой характер нередко с участием кальцефильных видов кустарников – *Cotoneaster melanocarpus* и *Spiraea litwinowii*, а также травянистых кальцефильных растений: *Melica transsilvanica*, *Salvia verticillata*.

Сельскохозяйственное освоение имеет мелкоочаговый характер, преобладают лесохозяйственные антропогенные ландшафты.

**Лесные ландшафты и кустарниковые степи среднего яруса.** Остепненные леса и кустарниковые степи тяготеют к сублитоморфным факторально-динамическим рядам, связанным с выходами на дневную поверхность карбонатных пород верхнемелового возраста.

1.4. Пониженные приводораздельные пространства, сложенные суглинистым элювием кремнисто-карбонатных (опоки, мергели) и терригенных пород палеогенового и мелового возрастов с серыми лесными и черноземными почвами под широколиственными лесами с доминированием *Quercus robur* в древесном ярусе и участием степных кустарников – в кустарниковом. В травяном ярусе доминируют *Brachypodium pinnatum*, *Calamagrostis epigeios*, *Pulmonaria mollis* и др. В этих лесах отсутствуют некоторые неморальные элементы: *Asarum europaeum*, *Mercurialis perennis*, и, напротив, встречается много лесостепных: *Potentilla alba*, *P. erecta*, *Pyrethrum corymbosum*, *Iris aphylla*. На обнажениях представлены меловые луговые степи с участием таких редких кальцефильных видов, как *Onosma simplicissima*, *Centaurea ruthenica*, *Bupleurum falcatum*, *Polygala sibirica*.

Геосистемы слабоустойчивы к техногенным нагрузкам; при освоении ландшафтов активизируются плоскостная и линейная эрозия.

**Луговые и кустарниковые степи нижнего яруса.** Луговые степи тяготеют к нижним участкам склонов субплакорного и субгидроморфного факторально-динамических рядов.

1.5. Придолинные участки склонов, сложенные делювиальными и лёссовидными суглинками с оподзоленными, выщелоченными и луговыми черноземами под широколиственными лесами (остепненными дубравами) и луговыми степями, которые отличаются высокой встречаемостью представителей лесостепного и степного элементов: *Stipa capillata*, *Carex supina*, *Silene chlorantha*, *Astragalus austriacus*, *Verbascum phoeniceum* и др. Значительно распаханное.

1.6. Склоны, сформированные делювиальными и лёссовидными отложениями (суглинки с прослоями песка, щебня) с выщелоченными черноземами под псаммофитными луговыми степями (Кунчеровская лесостепь) [15], местами с галофитными луговыми степями из *Artemisia santonica*, *Taraxacum bessarabicum*, *Bassia sedoides*, *Senecio erucifolius*, *Puccinellia distans*. В луговых степях преобладают следующие виды: *Stipa anomala*, *Helictotrichon desertorum*, *Festuca sulcata*, *Koeleria cristata*, *As-*

*tragalus varius*, *Oxytropis pilosa*, *Galium verum*, *Filipendula vulgaris*, *Pulsatilla patens*, *Linum flavum*, *Salvia stepposa* и др. Встречаются такие редкие виды, как *Dianthus arenarius*, *Minuartia setacea*, *Linaria genistifolia* и др.

Геосистемы имеют высокую сельскохозяйственную освоенность; характерна локальная активизация эрозионных процессов.

**2. Подкласс ландшафтов возвышенных вторичных моренных равнин** распространен в краевой части Приволжской возвышенности. Эта область отличается меньшими отметками абсолютных высот (до 270 м) и менее глубоким овражно-балочным расчленением, чем предыдущий подкласс ландшафтов. Значительную ландшафтообразующую роль в формировании геосистем играют осадки верхнего отдела мела: мел, мергели, глины кампанского и маастрихтского ярусов; глины, пески, песчаники, алевролиты, мергели, мел сеноманского, туронского и сантонского ярусов. Верхнемеловые осадки выходят на дневную поверхность на крутых склонах, в долинах, балках, оврагах. На большей части бассейна р. Мокши междуречные пространства сложены терригенными песчано-глинистыми отложениями нижнего мела. В палеодолинах междуречья рек Волги и Дон распространены миоценовые и плиоценовые пески с линзами песчаника с прослоями глин, лигнина, алевролита и галечника. В эпоху максимального оледенения коренные горные породы перекрывались маломощными гляциальными образованиями, которые в последующем в значительной части были размыты или трансформированы в элювиально-делювиальные образования. На склонах прослеживается разгрузка серии водоносных горизонтов, подземные воды – пресные гидрокарбонатные кальциевые, реже гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые.

Характерной чертой выделенных подклассов ландшафтов является хорошо выраженная склоновая смена типов и подтипов геосистем. На водораздельных пространствах и верхних участках склонов в бассейне р. Волги распространены дубравы на серых лесных почвах, которые на нижних (придолинных) участках склонов сменяются северными разностями среднерусских луговых степей и остепненных лугов по Е.М. Лавренко, на черноземах выщелоченных (северная лесостепь). В бассейне Дона на междуречьях доминируют южные разности среднерусских луговых степей и остепненных лугов по Е.М. Лавренко (1980) на выщелоченных и типичных черноземах (южная лесостепь), соседствующие с сосновыми лесами на надпойменных террасах [16; 11].

**Лесные типы ландшафтов вторичных моренных равнин.** Ландшафты широколиственных лесов на пониженных приводораздельных пространствах (высотный интервал 210–245 м) вторичных моренных равнин в виде полос и отдельных изолированных массивов прослеживаются по западной периферии Приволжской возвышенности. Пространственная структура ландшафтов определяется функционированием субгидроморфных, сублитоморфных и субплакорных факторально-динамических рядов.

2.1. Холмистые междуречные пространства, сложенные маломощными моренными и элювиально-делювиальными суглинками кремнисто-карбонатных и карбонатных пород палеогена и верхнего мела (мел, опоки), часто выходящими на дневную поверхность, с серыми и темно-серыми лесными почвами под неморальными широколиственными лесами с доминированием в древесном ярусе в основном *Quercus robur* с примесью других видов деревьев – *Acer platanoides*, *Tilia cordata*; в кустарниковом ярусе – *Corylus avellana*, *Euonymus verrucosa*, *Frangula alnus*, *Lonicera xylosteum*, иногда *Daphne mezereum*; в травяном ярусе преобладают *Aegopodium podagraria* и *Carex pilosa*, а также участвуют редкие типичные лесные виды – *Galeobdolon luteum*, *Salvia glutinosa* – и некоторые лесостепные: *Lilium martagon*, *Gladiolus tenuis*, *Adenophor alilifolia*, *Iris aphylla*, *Potentilla alba*, *Prunella grandiflora*, *Delphinium cuneatum*, *Lychnis chalconica*.

На останцах порой развиваются наиболее ксерофильные сообщества каменисто-песчаных (петрофитных) луговых степей из *Ephedra distachya*, *Krascheninnikovia ceratoides* с участием *Astragalus asper*, *A. varius*, *Centaurea sumensis*, *Galatella villosa*, *G. angustissima* и др. Для ландшафтов характерна лесохозяйственная и сельскохозяйственная антропогенная трансформация геосистем. Наиболее целостные лесные массивы сохранились в правобережье рек Мокша, Атмис, а также в верховьях Вада и Ломовки. В связи с вырубкой лесов активизировались эрозионные процессы, а также понизился сток рек, берущих начало на междуречных пространствах.

2.2. Пологоволнистые поверхности приводораздельных пространств, сложенные гляциальными и элювиально-делювиальными суглинками с серыми лесными почвами и оподзоленными черноземами. Характерны неморальные широколиственные леса с доминированием в древесном ярусе *Quercus*

*robur* и его спутников – *Acer platanoides*, *Tilia cordata*, иногда *Fraxinus excelsior*. В кустарниковом ярусе отмечаются *Corylus avellana*, *Euonymus verrucosa*, *Frangula alnus*, *Lonicera xylosteum*. В травяном ярусе доминируют *Aegopodium podagraria*, *Carex pilosa*, *Asarum europaeum*, *Mercurialis perennis* и участвуют некоторые редкие лесные виды: *Dentaria quinquefolia*, *Iris sibirica*, *Anemonoides altaica*, *Corydalis marschalliana*, *Scilla sibirica*, *Tulipa biebersteiniana*, *Fritillaria ruthenica* и др.

Территория в основном распахана, небольшие остатки широколиственных лесных массивов сохранились на волго-донском и еще меньшие по площади участки – на сурско-мокшинском водоразделах. Как и в случае с междуречными пространствами, необходимо восстановление лесных массивов в границах, в которых они находились на период Генерального межевания земель.

**Луговые и кустарниковые степи нижнего яруса вторичных моренных равнин.** Луговые и кустарниковые степи в бассейнах рек Мокши и Суры располагаются на нижних придолинных малых и средних участках склонов, а в бассейне Дона они выходят на приводораздельные склоны. В морфологии ландшафтов характерно сочетание субплакорных, субгидроморфных и сублитоморфных рядов.

2.3. Пологоволнистые поверхности приводораздельных пространств, сложенные элювиально-делювиальными суглинками с выщелоченными и типичными черноземами; антропогенные комплексы на месте луговых степей (южная лесостепь) с доминированием *Festuca valesiaca* и *Stipa capillata*. Отмечаются такие редкие виды растений, как *Vincetoxicum schmalhauseni*, *Aster bessarabicus*, *Artemisia armeniaca*, *A. pontica*, *Iris aphylla*. Возможно развитие галофитных степей и лугов *Silaum silaus*, *Pedicularis dasystachys* и др.

2.4. Волнистые поверхности придолинных участков склонов, сложенные делювиальными и лёссовидными суглинками с типичными, выщелоченными и луговыми черноземами под луговыми степями (южная лесостепь), с большим количеством настоящих степных видов: *Stipa capillata*, *Carex supina*, *Astragalus austriacus*, *A. onobrychis*, *Verbascum phoeniceum*, *Scabiosa ochroleuca*, *Salvia nutans*, *Phlomis pugens*, *Allium flavescens*, *A. paniculatum*, *Artemisia armeniaca*, *A. pontica* и др. Могут встречаться засоленные участки с типичными галофильными видами: *Artemisia santonica*, *Echinops ritro*, *Iris halophila*, *Taraxacum bessarabicum*, *Senecio erucifolius*, *S. paucifolius*, *Puccinellia distans* и др.

2.5. Пологоволнистые склоны, сложенные делювиальными и лёссовидными суглинками с выщелоченными и типичными черноземами; антропогенные комплексы на месте луговых степей (северная лесостепь) с доминированием из злаков *Festuca valesiaca*, *Stipa pennata*, *Bromopsis riparia*, из бобовых – *Trifolium alpestre*, *Lathyrus pallescens*, из разнотравья – *Galium verum*, *Salvia stepposa*, *S. pratensis*, *Filipendula vulgaris*, встречается полукустарничек *Thymus marschallianus* и др. Водораздельные степи сохранились только на территории двух участков заповедника – Островцовской лесостепи и Попереченской степи [17; 18]. В структуре луговых степей часто принимают участие такие кустарники, как *Prunus spinosa*. Отмечаются такие редкие виды, как *Aster bessarabicus*, *A. sericea*, *A. latifolia*, *Valeriana rossica*, *Silene sibirica*, *Linum flavum* и др.

Для всех склоновых типов местностей характерна высокая антропогенная освоенность, связанная в первую очередь с активным ведением сельского хозяйства, что привело к развитию негативных геоэкологических процессов (эрозия, смыв почв, загрязнение в результате внесения большого количества минеральных удобрений и др.).

**3. Подкласс ландшафтов низменных водно-ледниковых равнин** распространен в краевой части Окско-Донской низменности – в бассейне р. Вад, узкими полосами песчаные низины протягиваются по правобережью р. Мокши и левобережью р. Алатырь [19]. Для древних ложбин стока ледниковых вод характерна слабоволнистая поверхность с абсолютными отметками 130–140 м, а в краевой части (ближе к водоразделу мокшинского бассейна) – до 190 м. Литогенная основа геосистем сложена разнозернистыми кварцевыми песками с незначительным содержанием гравия, с прослоями суглинков и глин. Грунтовые воды распространены спорадически и залегают на разной глубине, что вызывает большую мозаичность в степени увлажненности природных комплексов. В структуре почвенного покрова преобладают подзолистые и серые лесные почвы. Торфяные болотные и болотно-подзолистые почвы встречаются в западинах и котловинных формах рельефа с относительно высоким уровнем грунтовых вод. В краевой части водно-ледниковых равнин распространены черноземные почвы. Растительному покрову природных комплексов свойственно сочетание таежной, широколиственной и степной флоры, что отражает историю его формирования и переходный характер условий местообитаний. В составе лесных массивов преобладают сосняки. Ландшафты характеризуются высокой встречаемостью преимущественно таежных и подтаежных видов, что обусловлено функционированием субстагнозных и субпсаммофитных факторально-динамических рядов.

3.1. Слабоволнистые междуречья, сложенные мощной толщей флювиогляциальных отложений, залегающих на моренных суглинках с дерново-подзолистыми и серыми лесными почвами под хвойными лесами с доминированием в основном *Pinus sylvestris* и смешанными лесами с участием листовых видов деревьев в подчиненных ярусах и неморальных видов кустарников – в травяных. Ограниченно распаханые, с участием таежных и подтаежных видов *Picea abies*, *Calluna vulgaris*, *Lycopodium clavatum*, *L. annotinum*, *Juniperus communis*, *Rubus nessensis* и др.

3.2. Слабоволнистые междуречные пространства, сформированные маломощными флювиогляциальными отложениями с серыми лесными и черноземными почвами под широколиственными лесами с доминированием *Quercus robur*, *Tilia cordata*, *Acer platanoides* и др. Выборочно распаханые, с участием таких редких видов, как *Acer campestre*, *Dentaria quinquefolia*, *Iris sibirica*, *Clematis recta* и др.

Ландшафты водно-ледниковых равнин в наименьшей степени трансформированы хозяйственной деятельностью, освоение их носило мелкоочаговый характер. Подобно ландшафтам Засурья и междуречья Кадады и Суры они, как представляется, будут являться одними из важнейших при проектировании природного каркаса области.

**4. Подкласс долинных ландшафтов** исследованного региона отличается широким спектром типов геоконплексов, что определяется функционированием геосистем сублитоморфного, субгидроморфного, субстагнозного, субпсаммофитного факторально-динамических рядов. Они имеют разную выраженность в морфологии ландшафтов. На древнеаллювиальных равнинах со слабо развитыми песчаными почвами распространены хвойные и смешанные леса с доминированием *Pinus sylvestris* или с участием других листовых видов деревьев. В зависимости от положения в рельефе формируются различные ассоциации с преобладанием в травяно-кустарничковом ярусе *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *Calamagrostis epigeios*, *C. arundinacea* и др., а в мохово-лишайниковом ярусе – различных видов мхов и лишайников. На террасовых комплексах, сформированных древнеаллювиальными и делювиальными отложениями с серыми лесными и черноземными почвами, господствуют широколиственные леса с *Quercus robur* и *Tilia cordata*, кустарниковые, луговые степи и остепненные луга с *Bromopsis inermis*, *Calamagrostis epigeios*, *Prunus spinosa*. Надпойменно-террасовые равнины, сложенные древнеаллювиальными и лёссовидными суглинками с черноземными почвами, отличаются господством кустарниковых и луговых степей с преобладанием *Bromopsis riparia*, разных видов рода *Stipa*, *Prunus spinosa*.

## Заключение

Главной закономерностью ландшафтной дифференциации западных склонов пластово-ярусной Приволжской возвышенности является высотная (склоновая) смена типов и подтипов геосистем. В волжском бассейне высотная структура имеет следующий вид: 1) лесные типы ландшафтов останцово-водораздельных пространств с абсолютными отметками более 245 м, которые подразделяются на а) ландшафты хвойных, смешанных и широколиственных лесов субпсаммофитного ряда; б) ландшафты широколиственных лесов сублитоморфного ряда; в) кальцефитные степи; г) псаммофитные степи; д) галофитные степи; 2) лесостепные ландшафты плакорного и субгидроморфного факторально-динамических рядов (высотный интервал 210–245 м) вторичных моренных и эрозионно-денудационных равнин; 3) нижний пояс (абсолютные отметки до 210 м) образуют луговые (травяные и кустарниковые) степи и остепненные луга: а) луговые степи и остепненные луга на суглинистых выщелоченных черноземах; б) луговые степи и остепненные луга на супесчаных выщелоченных черноземах. Луговые степи нижнего яруса контрастно переходят в ландшафты хвойных, смешанных лесов водно-ледниковых равнин краевой части Окско-Донской низменности. На волжско-донском междуречье в плакорных условиях господствует типичная лесостепь.

В бассейне Дона (речные системы Вороны и Хопра) наблюдается доминирование на междуречных и водораздельных пространствах лугово-степных ландшафтов, которые на надпойменных террасах Хопра и Вороны сменяются сосновыми лесами псаммоморфного ряда.

В морфологической структуре ландшафтов и распространении редких видов растений в изученной части западных склонов Приволжской возвышенности наблюдается смена северной лесостепи на южную. К первой относятся луговые степи и остепненные луга Мордовии и большая часть территории Пензенской области (включая степные участки заповедника «Приволжская лесостепь»), ко второй относятся самые южные районы Пензенской области (Сердобский и Тамилинский), где в луговых степях и остепненных лугах только в последние годы нами обнаружены *Phlomis pungens*, *Salvia nutans*, *Veronica incana* и др. Граница между северной и южной лесостепью тяготеет к волжско-донскому водоразделу.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ямашкин А.А., Ямашкин С.А. ГИС-моделирование ландшафтного разнообразия // Геодезия и картография. 2013. № 11. С. 40-46.
2. Ямашкин А.А., Ямашкин С.А., Кликунов А.А. Применение ГИС в анализе морфологической структуры ландшафтов // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2013. № 3. С. 34-41.
3. Ямашкин А.А., Ямашкин С.А. Применение алгоритма выделения краев к решению задачи моделирования границ ландшафтов // Вестн. ВГУ. Сер. География, геоэкология. 2013. № 3. С. 68-78.
4. Ямашкин А.А., Ямашкин С.А. Применение вегетативных индексов для составления карт растительности // Актуальные проблемы информатизации в науке, образовании и экономике: материалы VI Всерос. науч.-практ. конф. М., 2013. С. 160.
5. Ямашкин А.А., Ямашкин С.А. Использование нейронных сетей прямого распространения для ландшафтного картографирования на базе космических снимков // Геодезия и картография. 2014. № 11. С. 52-58.
6. Ямашкин А.А., Ямашкин С.А. Структура региональной ГИС для целей ландшафтного планирования // Изв. Смол. гос. ун-та. 2014. № 4. С. 305-314.
7. Yamashkin A.A., Yamashkin S.A. Electronic Landscape Map GIS as a Base for Forecasting of Geoeological Processes // Natural Hazards – Links between Science and Practice: International conference – Book of Abstracts. Belgrade, 2013. P. 12.
8. Новикова Л.А. Растительность Пензенской области: методические указания по спецкурсу для студентов ЕГФ. Пенза: ПГПУ, 2000. 40 с.
9. Новикова Л.А. Охрана разнообразия степей на западных склонах Приволжской возвышенности // Раритеты флоры Волжского бассейна: докл. участников II Всерос. науч. конф. Тольятти: Кассандра, 2012. С. 175-179.
10. Новикова Л.А. Разнообразие степей Пензенской области // Лесостепь Восточной Европы: структура, динамика и охрана: сб. ст. Междунар. науч. конф., посвящ. 140-летию со дня рождения И.И. Спрыгина. Пенза: Изд-во Пензенского гос. ун-та, 2013. С. 189-191.
11. Новикова Л.А. Подзональная и региональная неоднородность лесостепи на западных склонах Приволжской возвышенности // Современная ботаника в России: материалы XIII Делегатского съезда РБО. Тольятти: Кассандра. 2014. Т. 4. С. 77-78.
12. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб.: Мир и семья-95, 1995. 990 с.
13. Герасимов И.П., Величко А.А. Комплексные палеогеографические атласы-монографии для антропогена и их прогностическое значение // Четвертичная геология и геоморфология. 27-й МКГ. Сер. 03. М.: Наука, 1984. С. 57-66.
14. Крауклис А.А. Структурно-динамический фациальный анализ южнотаежного ландшафта // Южная тайга Приангарья. Л.: Наука, 1969. С. 47-52.
15. Новикова Л.А. Мониторинг растительности «Кунчеровской степи» // Поволж. экол. журн. 2010. Вып. 4. С. 351-360.
16. Лавренко Е.М. Степи // Растительность Европейской части СССР. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние. 1980. С. 203-270.
17. Новикова Л.А. Мониторинг травяного компонента «Островцовской лесостепи» // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2004. Спецвыпуск «Природное наследие России». Ч. 2. С. 294-305.
18. Новикова Л.А. Структура и динамика растительности «Попереченской степи» // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2009. Т. 11, вып. 1 (4). С. 622-629.
19. Географический атлас Республики Мордовия / редкол. А.А. Ямашкин (пред.), С.М. Вдовин, Н.П. Макаркин [и др.]. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2012. 204 с.

Поступила в редакцию 18.06.15

*A.A. Yamashkin, L.A. Novikova, S.A. Yamashki, E.Yu. Yakovlev, O.M. Ukhanova*

#### SPACIAL MODEL OF LANDSCAPES OF VOLGA UPLAND WESTERN SLOPES

Regularities of landscape differentiation of Volga Upland western slopes within the boundaries of the Republic of Moravia and Penza region are formed on the basis of long-term field studies and GIS modeling of geosystems (evaluation of landscape diversity, analysis of changes of pixels brightness in satellite images, the calculation of morphometric parameters of relief, border detection of landscapes, assessment of the vegetation state, landscape mapping of neural network algorithms). These regularities manifest itself as an altitude (slope) change of their types and subtypes. Altitudinal structure in the Volga Basin is as follows: 1) forest landscape of remnant-watershed areas with an altitude over 245 m, which are divided into a) landscapes of coniferous, mixed and deciduous forests; b) landscapes of deciduous forests; c) calciphytic steppe; d) psammophytic steppe; e) halophytic steppe; 2) steppe landscapes of upland and subgydromorphic factorial-time series (high-altitude interval 210-245 m) and secondary moraine erosion-denudation plains; 3) the lower zone (absolute mark up to 210 m) is formed by meadow (grass and shrub) steppe and steppified meadows: a) meadow steppes on loamy chernozems; b) meadow steppes on sandy chernozems. Meadow steppes of the



a) meadow steppes on loamy chernozems; b) meadow steppes on sandy chernozems. Meadow steppes of the lower tier contrastly transform into landscapes of coniferous forests mixed water and ice plains of the Oka-Don lowland. Typical steppe dominates in the area between the Volga and the Don. The dominance of meadow-steppe landscapes is observed in the basin of the Don (river systems of Vorona and Choper), that are replaced by pine forests psammomorphic terraces above the floodplain of rivers Chopra and Ravens.

*Keywords:* spatial model, landscapes, differentiation of landscape processes, economic development, optimization of natural resources.

Ямашкин Анатолий Александрович,  
доктор географических наук, профессор,  
декан географического факультета

ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет»  
430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, 68  
E-mail: yamash@smtp.ru

Новикова Любовь Александровна,  
доктор биологических наук, профессор  
кафедры ботаники, физиологии и биохимии растений,

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет»  
440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40  
E-mail: la\_novikova@mail.ru

Ямашкин Станислав Анатольевич, аспирант кафедры  
автоматизированных систем обработки информации  
и управления

E-mail: yamashkinsa@mail.ru

Яковлев Евгений Юрьевич, аспирант кафедры  
землеустройства и ландшафтного планирования

E-mail: nefertum@mail.ru

Уханова Ольга Михайловна, аспирант кафедры  
землеустройства и ландшафтного планирования,

E-mail: vollmond1313@mail.ru

ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет»  
430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, 68

Yamashkin A.A.,  
Doctor of Geography, Professor,  
Dean of faculty of geography

Mordovia State University  
Bolshevistskaya st., 68, Saransk, Russia, 430005  
E-mail: yamash@smtp.ru

Novikova L.A.,  
Doctor of biology, Professor at Department  
of Botany, Plant Physiology and Biochemistry

Penza State University  
Krasnaya st., 40, Saransk, Russia, 440026  
E-mail: la\_novikova@mail.ru

Yamashkin S.A., postgraduate student  
at Department of automated systems of information  
processing and control

E-mail: yamashkinsa@mail.ru

Yakovlev E.Yu., postgraduate student at Department  
of land management and landscape planning chair

E-mail: nefertum@mail.ru

Ukhanova O.M., postgraduate student at Department  
of land management and landscape planning chair

E-mail: vollmond1313@mail.ru

Mordovia State University  
Bolshevistskaya st., 68, Saransk, Russia, 430005