

DOI:10.17308/978-5-9273-3692-0-2023-178-181

ВЛИЯНИЕ ЛИТОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ ВОЗВЫШЕННЫХ РАВНИН ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ**THE INFLUENCE OF LITHOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL FACTORS ON WATER REGIME OF SOILS OF HIGH PLAINS OF THE CENTRAL NON-CHERNOZEM REGION****Шилов П.М.**
Shilov P.M.

e-mail: pavelshilovv@gmail.com

Почвенный институт имени В.В. Докучаева», Москва, Россия

V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia

Аннотация. Данное исследование посвящено изучению влияния эдафических факторов почвообразования на изменчивость водного режима почв двух возвышенных равнин Центрального Нечерноземья – Валдайской возвышенности и Владимирского ополья. Основой анализа выступает упорядочивание литологических и геоморфологических факторов в виде двух величин – литологического и топографического фактора дренируемости, и количественный анализ вклада двух факторов в изменчивость степени переувлажнения почв. Выявлено, что большая часть изменчивости (60-70%) обусловлена минимальным набором из двух региональных морфометрических величин – топографический индекс превышений и топографический индекс влажности. Литологический фактор не влияет на изменчивость степени переувлажнения почв.

Abstract. The goal of this study is to analyze the influence of edaphic factors of soil formation on the variability of the water regime of soils of two high plains of the Central Non-Chernozem Region - the Valdai Upland and the Vladimir Opolye. The basis of the analysis is the order of lithological and geomorphological factors to the soil drainage degree in the form of two integral factors - the lithological and topographic drainage factor, and a quantitative analysis of the contribution of two factors to the variability of the degree of soil waterlogging. It was revealed that most of the variability (60-70%) is due to the minimum set of two regional morphometric values - the topographic position index (TPI) and the topographic wetness index (TWI). The lithological factor does not affect the variability of the degree of waterlogging of soils.

Ключевые слова: переувлажнение почв, дренируемость почв, ординация, факторы почвообразования

Keywords: waterlogging of soils, soil drainage, ordination, soil forming factors

Введение. Преобладание гумидного климата на территории Российской Федерации определило широкое распространение избыточно увлажненных (гидроморфных) почв. Согласно Докладу о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения РФ [1,2] переувлажненные почвы занимают 9 млн га или 19% площади сельскохозяйственных угодий России, при этом в наибольшей степени переувлажнению подвержены земли Нечерноземной зоны России. Избыточное увлажнение создает анаэробные условия и дефицит кислорода, что негативно влияет на развитие и продуктивность сельскохозяйственных культур. В результате почвы теряют способность к выполнению основной целевой функции – производства и обеспечение населения продовольствием [3]. Причины переувлажнения почв Центрального Нечерноземья включают гидротермические особенности климата, геоморфологические и гидрогеологические условия [4]. Климатический фактор определяет зонально-провинциальные особенности увлажнения почвенного покрова – количественное соотношение атмосферных осадков, испаряемости и стока [5]. Литолого-геоморфологические факторы играют ведущее значение в перераспределении избыточной влаги на ландшафтном уровне, определяя обособление почв с признаками избыточного увлажнения в структуре почвенного покрова [6]. Генезис переувлажненных почв в гумидном климате подробно изучен и описан в литературе [7,8,9,10]. Основной упор сделан на изучении взаимосвязи генетических условий почвообразования и особенностей гидрологического режима почв в локальном масштабе (катыны, малого водосборного бассейна). В связи с возросшей потребностью интенсификации сельскохозяйственного производства в России возникает интерес к региональным обобщениям и упорядочиванию условий дренируемости почв.

Цель данного исследования заключается в выполнении сравнительного анализа влияния литолого-геоморфологических факторов на пространственную изменчивость водного режима почв. Поставленная цель решается на примере двух участков, расположенных на возвышенных равнинах Центрального Нечерноземья – Валдайской возвышенности и Владимирском ополье (рис. 1). Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Разработать метод численного упорядочивания эдафических факторов почвообразования на региональном уровне организации почвенного покрова;
2. Сгруппировать почвы Валдайской возвышенности и Владимирского ополья на основе морфологической диагностики степени избыточного увлажнения;
3. Выявить закономерности влияния литологических и геоморфологических факторов на изменчивость степени переувлажнения почв возвышенных равнин Нечерноземья в виде модели «фактор-свойство».

Объекты исследования. Валдайская возвышенность и Владимирское ополье расположены в пределах возвышенных равнин зоны хвойно-широколиственных лесов Русской равнины. В физико-географическом отношении Владимирское ополье является восточной оконечностью Клиско-Дмит-

ровской гряды [11]. Рельеф ополья представлен волнисто-увалистой моренно-эрозионной равниной, сложенной лессовидными суглинками мощностью 2-4 м и более, расчлененной овражно-балочной сетью, с реликтовым полигонально-блочным и западинным микрорельефом [12,13]. В структуре почвенного покрова встречаются все подтипы, роды и виды серых лесных почв. Рельеф Валдайской возвышенности представляет собой плоскую и пологоволнистую слабо расчлененную моренную равнину, перекрытую однородными лёгкими и средними пылеватыми суглинками или супесями мощностью до 3-х и более метров [14,15]. Дерново-подзолистые почвы занимают 32% территории заповедника, из которых половина приходится на почвы гидроморфного ряда. Доля болотно-подзолистых почв составляет 22% [16].

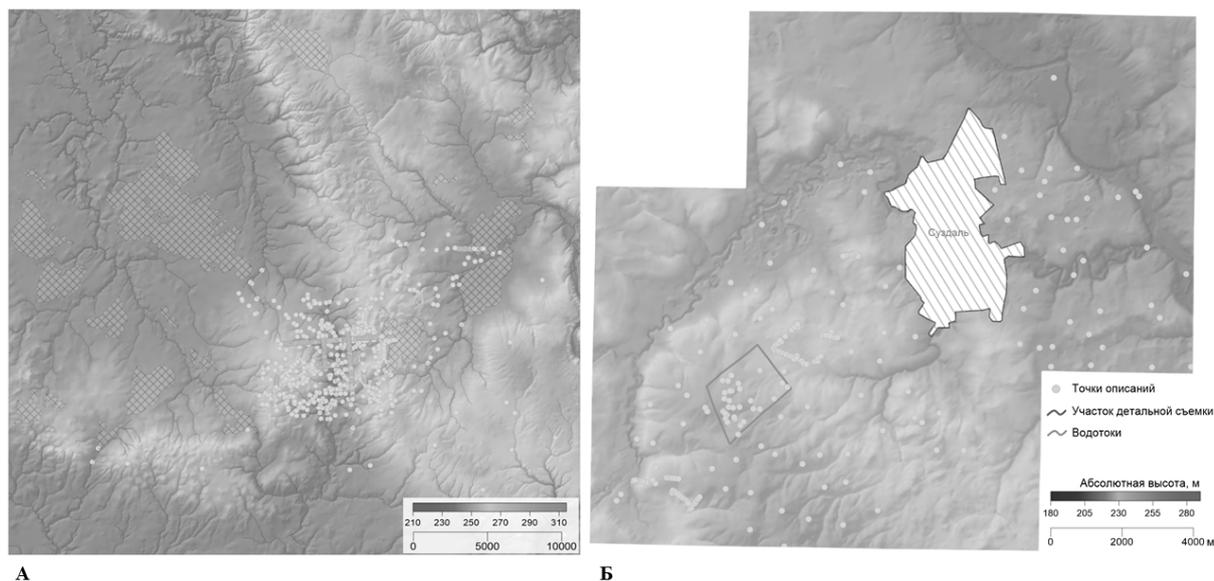


Рис. 1. Площадки с описаниями почв: А – Валдайская возвышенность (1500 описаний), Б – Владимирское ополье (200 описаний).

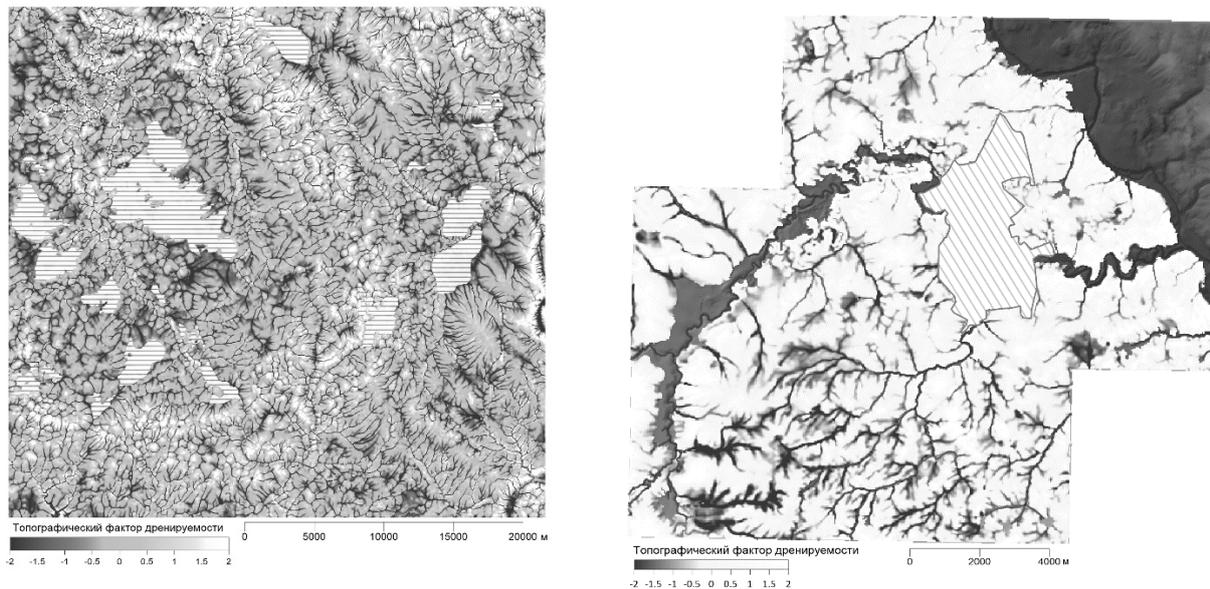
Материалы и методы. Упорядочивание и количественный анализ вклада литологических и геоморфологических факторов в изменчивость водного режима почв выполнены при помощи сравнительно-географического и сравнительно-экологического анализа изменчивости степени гидроморфизма почв.

Методической основой сравнительно-географического анализа выступает пространственная сетка с одинаковым размером ее элементов – ячеек, в которых сопоставляется, с одной стороны, почва и ее степень избыточного увлажнения, а с другой стороны – факторы (свойства рельефа, класс гранулометрического состава) [17]. Степень избыточного увлажнения охарактеризована на основе выборочного описания почв Валдайской возвышенности (1500 точек) и Владимирского ополья (200 точек) (рис. 1). Морфологическая диагностика степени оглеения минеральных почв позволяет дифференцировать их на четыре класса по степени гидроморфизма [18,19]. Источником информации о топографических условиях дренируемости почв выступают цифровые модели рельефа (ЦМР) с разрешением ячейки – 30×30 м. Геоморфометрический анализ ЦМР с расчетами локальных и нелокальных морфометрических величин выполнен в SAGA GIS [20]. Гранулометрический состав определен полевым методом по образцу из бура. Полевая характеристика гранулометрического состава присвоена каждому горизонту в виде значений от 1 до 10, где крайние значения соответствуют самому «тяжелому» (1 – глина) и самому «легкому» (10 – песчано-древяная смесь) гранулометрическому составу.

Сравнительно-экологический анализ направлен на численное обобщение большого объема данных об условиях почвообразования в виде факторов дренируемости, определяющих пространственное варьирование увлажнения. Математическую основу анализа составляют методы ординации [21] – многомерное шкалирование и канонический дискриминантный анализ. Многомерное шкалирование решает задачу расчета факторов, контролирующих изменчивость гранулометрического состава почв Валдайской возвышенности. Процедура анализа опирается на ранее описанный подход в работе [22]. С помощью канонического дискриминантного анализа выполнена: 1) расчет значений факторов дренируемости почв – литологического и топографического факторов дренируемости (ЛФД и ТФД); 2) сравнительная оценка вклада топографических характеристик рельефа и факторов изменчивости гранулометрического состава в изменчивость степени дренируемости почв. Точность прогноза оценивается по матрице ошибок (confusion matrix) [23].

Результаты и обсуждение. Топографические характеристики описывают 75% изменчивости переувлажнения почв Владимирского ополья. Изменчивость степени переувлажнения определяется че-

тырьмя морфометрическими величинами: топографический индекс влажности, топографические индексы превышений в окрестности 100 и 1000 м., величина базиса эрозии. 25% остаточной изменчивости переувлажнения приходится на литологическое строение почвообразующих пород, антропогенные изменения и другие факторы. В однородной толще лессовидных суглинков отсутствуют различия в гранулометрическом составе почв, поэтому рельеф приобретает роль ведущего фактора дифференциации переувлажнения почв. Морфометрические величины объединены в виде одной канонической переменной – топографического фактора дренируемости (ТФД). С наибольшей чувствительностью топографический фактор дренируемости реагирует на изменчивость топографического индекса превышений и топографического индекса влажности. Топографический фактор дренируемости почв представлен на рисунке 2.



Валдайская возвышенность

Владимирское ополье

Рис. 2. Топографический фактор дренируемости

В пределах Валдайской возвышенности топографические характеристики объясняют 63% изменчивости переувлажнения почв. Среди морфометрических характеристик наибольшей значимостью обладают крутизна, топографический индекс превышений в окрестности 50 и 1000 м., топографический индекс влажности. Наибольший отклик топографический фактор дренируемости имеет на изменчивость топографического индекса влажности.

Таблица. Оценка точности прогнозного картографирования почв возрастающего ряда гидроморфизма при различном сочетании факторов.

Топографические факторы дренируемости								
	Пд'	Пдг'	ПдГ''	Пб'	ОА	РА	УА	каппа
Пд	26	30	1	2	63	21	44	0,21
Пдг	89	687	92	116		81	70	
ПдГ	6	87	53	26		35	31	
Пб	1	44	4	45		24	48	
Литологические факторы дренируемости								
	Пд'	Пдг'	ПдГ''	Пб'	ОА	РА	УА	каппа
Пд	1	1	0	0	76	2	50	<0,01
Пдг	58	983	171	94		100	76	
ПдГ	0	0	0	0		0	-	
Пб	0	0	1	0		0	0	
Литологические + Топографические факторы дренируемости								
	Пд'	Пдг'	ПдГ''	Пб'	ОА	РА	УА	каппа
Пд	9	11	0	0	75	16	45	0,11
Пдг	49	949	156	84		97	77	
ПдГ	0	12	9	0		6	43	
Пб	1	12	7	10		11	34	

В таблице сопоставлены оценки точности картографирования почв возрастающего ряда гидроморфизма при различном сочетании факторов в модели. На основе этих оценок можно сделать вывод

об относительной силе литолого-геоморфологических факторов в картографической модели дренируемости почв Валдайской возвышенности. ТФД описывает 63%, а ЛФД – 76% условий дренируемости почв Валдайской возвышенности. Совместно топографический и литологический факторы дренируемости описывают 75% изменчивости переувлажнения.

Включение литологических факторов в модель приводит к смещенной оценке при описании межгрупповых различий степени гидроморфизма почв. При этом совокупная точность классификации остается неизменной. Условия дренируемости почв Валдайской возвышенности чувствительнее реагируют на изменчивость топографических характеристик, чем на изменчивость литологических характеристик почвообразования. Изменчивость степени гидроморфизма почв Валдайской возвышенности не чувствительна к плавному изменению мощности покровных суглинков. Изменчивость на уровне контрастных классов *Пд* и *Пб* возникает в условиях близкого подстилания легкими супесчано-песчаными отложениями или, наоборот, тяжелыми суглинисто-глинистыми. При анализе условий дренируемости двух участков возвышенных равнин центрального Нечерноземья с различной климатической нормой увлажнения продемонстрировано, что рельеф обладает наибольшей мощностью при дифференциации почв возрастающего ряда гидроморфизма. Комбинации топографического индекса увлажнения и топографического индекса превышений в виде топографического фактора дренируемости описывают более 60-70% изменчивости переувлажнения почв.

Литература

1. Государственный (Национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2021 году. – М.: Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии, 2022. – 206 с.
2. Рекомендации по развитию агропромышленного комплекса и сельских территорий Нечерноземной зоны Российской Федерации до 2030 года: Версия 2.0 / А.Л. Иванов, А.В. Петриков, В.И. Кирюшин и др. – Москва: Почвенный институт имени В.В. Докучаева, 2021. – 400 с.
3. Bünemann E.K., Bongiorno G., Bai Z., Creamer R.E., De Deyn G., de Goede R., Fleskens L., Geissen V., Kuyper T.W., Mader P., Pulleman M., Sukkel W., van Groenigen J.W., Brussaard L. Soil quality—A critical review // *Soil Biology and Biochemistry*. – 2018. – Vol. 120. – P. 105-125.
4. Зайдельман Ф.Р. Гидрологический режим почв Нечерноземной зоны. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 328 с.
5. Шульгин А.М. Климат почвы и его регулирование. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 341 с.
6. Фрийдланд В.М. Структуры почвенного покрова Мира. – М.: Мысль, 1984. – 235 с.
7. Зайдельман Ф.Р. Режим и условия мелиорации заболоченных почв. – М.: Колос, 1975. – 320 с.
8. Романова Т.А. Водный режим почв Беларуси. – Минск: ИВЦ минфина, 2015. – 144 с.
9. Verpraskas M. J., Lindbo D. L., Lin H. Redoximorphic features as related to soil hydrology and hydric soils // *Hydropedology: synergistic integration of soil science and hydrology*. – 2012. – С. 143-172.
10. Bouma J. et al. Pedogenesis and soil taxonomy: I. Concepts and interactions // *Hydrology and soil genesis of soils with aquatic moisture regimes*. – 1983. – С. 253-281.
11. Агроприродное и сельскохозяйственное районирование нечерноземной зоны европейской части РСФСР / Под ред. Н. А. Гвоздецкого, К. В. Зворыкина. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 269 с.
12. Величко А.А., Морозова Т.Д., Нечаев В.П., Порожнякова О.М. Палеокриогенез, почвенный покров и земледелие. – М.: Изд-во «Наука», 1996. – 145 с.
13. Тюрюканов А.Н., Быстрицкая Т.Л. Ополья Центральной России и их почвы. – М.: Наука, 1971. – 239 с.
14. Модель адаптивно-ландшафтного земледелия Владимирского ополья / ред. В.И. Кирюшин, А.Л. Иванов. – М.: «Агроконсалт», 2004. – 456 с.
15. Центрально-Лесной государственный природный биосферный заповедник / сост. Ю.Г. Пузаченко, А.С. Желтухин, Д.Н. Козлов, Н.П. Кораблев, М.В. Федяева, М.Ю. Пузаченко, Е.В. Сиунова – М.: Изд-во «Деловой мир», 2007. – 80 с.
16. Структура и продуктивность еловых лесов южной тайги. – Л.: Наука, 1973. – 312 с.
17. Козлов Д.Н., Сорокина Н.П. Традиции и инновации в крупномасштабной почвенной картографии // *Цифровая почвенная картография: теоретические и экспериментальные исследования / Российская академия сельскохозяйственных наук; Почвенный институт им. В.В. Докучаева; Всероссийское общество почвоведов им. В. В. Докучаева*. – Москва: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2012. – С. 35-57.
18. Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользований. – М.: Колос, 1973. – 48 с.
19. Оглезнев А.К. и др. Оценка качества и классификация земель по их пригодности для использования в сельском хозяйстве (практическое пособие). – М.: ФГУП «Госземкадастрземка» ВИСХАГИ, 2007. – 131 с.
20. Conrad O., Bechtel B., Bock M., Dietrich H., Fischer E., Gerlitz L., Wehberg J., Wichmann V., Böhner J. System for automated geoscientific analyses (SAGA) v. 2.1. 4 // *Geoscientific Model Development*. – 2015. – Vol. 8. – №. 7. – P. 1991-2007.
21. Джонгман Р.Г.Г., тер Браак С.Дж.Ф., ван Тонгерен О.Ф.Р. Анализ данных в экологии сообществ и ландшафтов. – М.: РАСХН, 1999. – 306 с.
22. Пузаченко Ю.Г., Федяева М.В., Козлов Д.Н., Пузаченко М.Ю. Методологические основания отображения элементарных геосистемных процессов // *Современные естественные и антропогенные процессы в почвах и геосистемах*. – М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2006. – с. 13-52.
23. Rossiter D. G. Assessing the thematic accuracy of area-class soil maps. Soil Science Division, ITC. Enschede, Holland. Waiting publication. 2001. 46 p.