



УДК 631.47

МОДЕЛИ ТЕХНОПЕДОГЕНЕЗА НА ФУТБОЛЬНЫХ ПОЛЯХ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА

И.В.Замотаев¹, Д.Л.Шевелев²

¹ *Институт географии РАН,
Россия, 119017, г. Москва,
Старомонетный пер., 29
E-mail: zivigran@rambler.ru*

² *Научно-Производственный Центр
им. Пилюгина, Россия, 117342,
г. Москва, ул. Введенского, 1*

На основе почвенно-генетических исследований изучены и типизированы техно-почвы и почвоподобные техногенные образования физкультурных, спортивно-массовых и профессиональных футбольных полей Московского региона. Выявлены закономерности изменения их состава и свойств в зависимости от проявления технопедогенеза и интенсивности спортивно-техногенных воздействий. Определены генетические модели технопедогенеза на территориях футбольных полей разных функциональных групп и основные «деградационные» и «проградационные» элементарные почвообразовательные процессы.

Ключевые слова: футбольные поля, техно-дерново-подзолистые почвы, почвоподобные техногенные образования, элементарные почвообразовательные процессы, модели технопедогенеза.

Введение

Нарушенные почвы (НП) и почвоподобные техногенные образования (ПТО) футбольных полей (ФП), созданные по образу и подобию естественных почв, являются одними из наиболее сложных объектов многопланового комплексного взаимодействия техногенных и природных процессов, испытывающих постоянную эволюцию во времени [2, 3, 7-10]. Их свойства, модели технопедогенеза мало изучены, что затрудняет выявление причин деградации спортивных газонов, которые обычно связывают с неудовлетворительной агротехникой, погодными условиями и чрезмерной эксплуатацией [1, 4, 6]. Кроме того НП и ПТО нуждаются в систематике, требуют постоянного мониторинга их эколого-геохимического состояния, адаптации к различным природно-климатическим зонам России.

Объекты и методы исследования

Опорными для описания и анализов были выбраны НП и ПТО 15 футбольных полей Московского региона, которые резко различаются по функциональному назначению (физкультурные, спортивно-массовые и профессиональные), техногенным условиям и свойствам. Исследования носили классический почвенно-генетический характер с использованием сравнительно-географического и сравнительно-хронологического методов. Почвенные анализы выполнены в лабораториях Института географии РАН и Почвенного института им. В.В.Докучаева по стандартным методикам, принятым для характеристики дерново-подзолистых почв.

Факторы почвообразования на футбольных полях

Климат Московского региона – умеренно континентальный со среднегодовым количеством осадков от 478 до 666 мм. Коэффициент увлажнения на протяжении всего периода вегетации – обычно больше единицы, что обеспечивает промывной тип водного режима на всей территории региона. Выбранные для исследования разрезы приурочены в основном к террасам рек и плакорным участкам на водоразделах. Растительный покров представлен двумя сообществами травянистых растений: а) естественного происхождения (злаково-разнотравный) на физкультурных ФП и б) искусственно сформированным из газонных трав (райграс пастбищный, овсяница красная, мятлик луговой и др.) на спортивно-массовых и профессиональных футбольных полях.

На физкультурных ФП почвообразующие породы представлены моренами, покровными суглинками, древнеаллювиальными и флювиогляциальными песчано-супесчаными отложениями, двучленными наносами и др. На спортивно-массовых ФП почвообразующими породами являются природно-искусственные сконструированные субстраты мощностью до 50 см, на профессиональных полях – искусственные субстраты мощностью 50-80 см. Они состоят из трех горизонтов [2, 3, 7-10]: биогенного поверхностного насыпного (I) и двух минеральных – подповерхностного насыпного (II) и почвенного (III).

Техногенный комплекс факторов почвообразования включает: 1) спортивные воздействия, приводящие к нарушению целостности газона; 2) агротехнический «уход» за газоном, определяющий геохимические, геофизические и механические нагрузки. При этом толщи ФП разных функциональных групп сильно различаются по набору агротехнических мероприятий, интенсивности и регулярности спортивной нагрузки (рис. 1).

Виды техногенных воздействий



Рис. 1. Техногенный комплекс факторов почвообразования на физкультурных и спортивно-массовых футбольных полях

ПТО профессиональных полей («Спартак», п. Черкизово, М.О.) подвержены наиболее высоким техногенным нагрузкам, которые составляют «спортивный техногенез» [7-11], и включают обильный полив, подогрев, пескование (120 м³), внесение азотных (карбамид, аммиачная селитра), калийных и комплексных удобрений (нитрофоска, азофоска, кемира газонная и др.; от 1 до 3 т), землевание (40 м³), технотурбации и регулярные спортивные воздействия (40-60 часов в месяц).

НП спортивно-массовых полей испытывают преимущественно умеренные нагрузки («Старт», «Наука», РУДН, «Искра», г. Москва; «Знамя», г. Ногинск; ФП г. Подольск; «Торпедо», г. Мытищи). На эти поля вносится меньше минеральных удобрений (100-500 кг), песка (20-30 м³) и «готового» органического вещества при землевании (10 м³). Расход воды на полив в целом значительно ниже, отсутствует система техногенного прогревания почв, не везде проводится аэрация поверхностных горизонтов; спортивная нагрузка составляет 20-30 часов в месяц. Для почв физкультурных ФП («Салют», М.О.; ФП, г. Воскресенск, М.О.) характерна наименьшая спортивно-техногенная нагрузка (рис. 1).

Результаты и их обсуждение

По характеру строения профиля и свойствам исследованные образования разделены на три морфотипа, соответствующие трем выше рассмотренным степеням спортивно-техногенной нагрузки: 1) техногенно-естественные почвы – на физкультурных полях; 2) техногенно-измененные почвы – на спортивно-массовых полях; 3) почвоподобные техногенные образования (ПТО) или примитивные квазиземы – на профессиональных полях.

«Идеальная» (или «нормальная» природная) модель педогенеза - техногенно-естественные почвы. На покровных суглинках в Московском регионе на физкультурных ФП под естественной злаково-разнотравной растительностью с большим количеством сорной растительности формируются дерново-подзолистые почвы с измененными верхними горизонтами (со слабыми признаками техногенеза). Они имеют серогумусовый (дерновый) антропогенно-преобразованный аккумулятивный горизонт А, элювиальный горизонт Е1, разделяющийся на два подгоризонта: верхний палевый и нижний – светлый. Переходный субэ-



лювиальный горизонт $VtEl(g)$ представлен комбинацией светлых и бурых фрагментов, различающихся по гранулометрическому составу и структуре, содержит железистые конкреции. Сменяется бурым с красноватым оттенком текстурным горизонтом $Vt(g)$, в котором выражены признаки иллювиирования гумусово-глинистого и тонкопылеватого вещества в виде многослойных кутан на педах. Признаки оглеения проявляются в виде отдельных сизоватых и ржавых разводов и пятен.

При строительстве, 30-50 лет назад, верхние горизонты естественных почв подвергались перемешиванию с песком и в настоящее время обнаруживают сходство с аккумулятивно-гумусовым горизонтом природных почв под травянистыми растительными сообществами. Трансформированные верхние горизонты имеют супесчаный крупнопылеватомелкопесчаный состав (табл. 1), элювиальные горизонты сложены пылеватым суглинком, нижние текстурные горизонты – пылеватым тяжелым суглинком.

Таблица 1

Гранулометрический состав техногенно-естественных почв

Горизонт	Глубина образца, см	Содержание фракций (%), размер частиц, мм							
		1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001	<0.01	>1
Разрез 2-ДШ-07. дерново-палево-подзолистая глееватая почва («Салют», М.О.)									
A1	2-10	7.50	55.95	23.55	4.27	4.34	4.39	13.0	1.18
Elf	10-20	0.81	0.60	59.26	12.89	11.11	15.33	39.33	0.16
EL	20-30	1.47	4.18	54.42	13.37	15.63	10.93	39.93	0.10
ELBit(g)	30-52	0.47	2.65	48.69	8.11	13.93	27.95	48.19	0.10
Разрез 3-ДШ-07. дерново-подзол (ФП, г. Воскресенск, М.О.)									
A1	2-15	20.12	44.31	20.07	3.64	6.22	3.64	13.5	0.13
Elh	15-25(30)	20.58	43.14	20.43	6.28	6.27	3.30	15.85	0.43
E	25(30)-45	19.29	43.90	23.31	4.50	5.79	3.21	13.5	0.04
IIBr	45-75	22.07	51.19	17.50	3.22	3.05	2.97	9.24	0.05

Физико-химические характеристики соответствуют природным аналогам, за исключением гумусового горизонта. Реакция среды нейтральная в серогумусовом горизонте, близкая к нейтральной в элювиальной части профиля ($pH_{вод.}=6.3$). С глубины 30 см в гор. $ELBit(g)$ реакция становится слабокислой ($pH=5.5$). Емкость поглощения невысокая. Для гумусового профиля характерно высокое содержание гумуса (6.6%) в гор. $A1$, в верхнем палевоподгоризонте оно резко снижается до 1.3%. Ниже количество гумуса постепенно уменьшается (0.5-1.0%), он пропитывает почвенную массу глееватых горизонтов $Vt(g)$ - $V2tg$. По основным элементам питания природные почвы бедны подвижными формами соединений фосфора (3. мг/100 г) и калия (4. мг/100 г).

На песчано-супесчаных субстратах на ФП под естественной злаково-разнотравной растительностью формируются дерново-подзолистые почвы с иллювиальным горизонтом, обогащенном преимущественно железом, алюминием и гумусом или дерново-подзолы со слабыми признаками техногенеза согласно Классификации и диагностики почв России, 2004 [12]. В профиле этой почвы после 2 см слоя дернины идет супесчаный серогумусовый (дерновый) горизонт ($A1$), имеющий комковатую структуру. Мощность серогумусового горизонта достигает 15 см. В этом горизонте присутствует примесь бытового и строительного мусора (обломки битого кирпича, бумага и др.).

Ниже находится супесчаный горизонт Elh с непрочной плитчатой структурой; его мощность колеблется от 10 до 15 см. Прокрашен гумусом за счет его выноса из дернового горизонта. Ниже залегает хорошо выраженный подзолистый горизонт E , имеющий очень непрочную плитчатую структуру и значительную мощность (до 20 см). Далее выделяется слабовыраженный песчаный альфегумусовый (иллювиально-железистый) горизонт, характеризующийся ржаво-охристой окраской и низким содержанием иллювиированного гумуса и ила.

Дерново-подзолы по всему профилю имеют нейтральную реакцию (pH от 6,45 до 6,8). Содержание гумуса в серогумусовом горизонте составляет 3 %. Его распределение в профиле имеет аккумулятивный характер. Емкость поглощения в поверхностном горизонте 5-10 мг-экв./100 г. Подзолистый горизонт содержит около 0,5-0,9 % гумуса. Распределение иллювиальной фракции не дифференцировано по профилю в связи с его легким гранулометрическим составом (табл.1).

«Техногенно-осложненная» модель педогенеза – техногенно-измененные почвы. На спортивно-массовых футбольных полях на природно-искусственных субстратах формируются техно-дерново-подзолистые почвы. Верхние горизонты (гор. I) изученных профилей состоят из насыпного органико-минерального материала, достаточно хорошо проработанного



почвообразованием, в том числе дождевыми червями. Они густо пронизаны корнями трав и отличаются серой и буровато-серой окраской, высокой однородностью строения, хорошей оструктуренностью, уплотненным сложением, наличием примеси песка и дресвы карбонатных и кристаллических пород. Мощность поверхностного гумусированного горизонта составляет 10-20 см.

Ниже по профилю выделяются подповерхностные минеральные гор. II, имеющие бурую и желтовато-бурю окраску, ореховатую или неясно выраженную структуру. Они характеризуются разным гранулометрическим составом, поскольку формируются из насыпных песчаных, супесчаных, щебнистых слоев и их различных комбинаций мощностью от 20 до 40 см. Скелетный материал иногда представлен антропогенными включениями в виде обломков и крошки битого кирпича, углистых частиц и другого строительного материала. Насыпные горизонты активно вовлечены в процессы почвообразования и формируют транзитную зону для нисходящих и восходящих потоков влаги и растворов. Одновременно в этих горизонтах происходит аккумуляция иллювирированного гумуса и твердых частиц, как следствия проявления лессиважа и партлювации. На гранях структурных отдельностей и обломочного материала обнаруживаются пылевато-глинисто-гумусовые кутаны.

Нижняя часть профиля (гор. III) техно-дерново-подзолистых почв представлена погребенными субиллювиальными гор. VE1 и/или иллювиальными B естественных почв. В ряде случаев в отдельных горизонтах наблюдаются следы оглеения, которые проявляются неравномерной сизо-охристой окраской гор. B2g и B3g («Торпедо» г. Мытищи).

Физические, химические и агрохимические свойства техно-дерново-подзолистых почв чрезвычайно разнообразны по вертикальному профилю (табл. 2; рис. 2).

По гранулометрическому составу и характеру его дифференциации условно выделены два типа дифференциации (рис. 5; табл. 2): дифференцированный и не дифференцированный [8, 9]. Для первого типа характерна облегченная («Наука», г. Москва, супесь/средний суглинок; «Старт», г. Москва, легкий суглинок/тяжелый суглинок) или более тяжелая верхняя часть профиля («Торпедо», г. Мытищи, средний, тяжелый суглинок/легкий суглинок, супесь; ФП, г. Подольск, легкая глина/средний суглинок) для второго – преимущественно легкий состав по всему профилю (супесь; «Знамя», г. Ногинск).

Таблица 2

Гранулометрический состав техно-дерново-подзолистых почв

Горизонт	Глубина образца, см	Содержание фракций (%), размер частиц, мм							
		1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001	<0.01	>1
Разрез 1-ДШ-07 («Старт», г. Москва)									
A1	3-10	23.56	17.01	32.83	10.59	6.65	9.36	26.60	-
II D1ca	10-20	Мелкий и средний щебень известковистых песчаников							
III B1	20-30	5.65	3.56	49.30	11.20	9.71	20.58	41.49	-
B2	30-40	36.06	10.50	27.98	5.88	5.30	14.28	25.46	-
[IV B1]	50-60	15.29	23.38	25.34	4.05	8.58	23.36	35.99	-
Разрез 5-ДШ-07 («Наука», г. Москва)									
Ad	0-5(6)	43.20	24.93	17.27	4.19	4.51	5.90	14.60	3.12
A1	6-8(20)	33.46	24.15	14.16	5.54	6.08	6.61	18.23	9.71
A1B1	18(20)32	33.19	28.75	20.31	5.62	5.90	6.23	17.75	4.05
II B1	32-40	49.43	27.01	10.73	3.30	3.68	5.85	12.83	4.12
[III B2]	40-45	28.67	22.48	15.65	3.32	9.88	22.00	35.20	3.87
Разрез 7-ДШ-07 («Знамя», г. Ногинск)									
Ad	0-3	54.81	18.54	11.78	3.25	5.12	6.50	14.87	4.01
A1	3-8	40.42	23.55	18.42	5.67	5.58	6.36	17.61	4.49
II A12D	8-23	Мелкий щебень с примесью супесчаного материала							
III A1B1	23-30	13.68	71.07	6.05	2.24	3.13	3.83	9.20	12.01
[IV B1f]	42-65	71.23	12.45	7.26	1.42	1.99	5.65	9.06	-

Примечание. Прочерк – нет данных

Под воздействием агротехнических воздействий (полив, внесение минеральных удобрений и технотурбации) в ряде техно-дерново-подзолистых почв (например, «Старт», г. Москва) происходит утяжеление состава и дифференциация всего профиля по элювиально-иллювиальному типу. Это обусловлено, по всей видимости, элювирированием тонкодисперсного материала и его последующей аккумуляцией в нижележащих горизонтах. Максимум илистой фракции в техно-дерново-подзолистых почвах в подповерхностных горизонтах II и на контакте с погребенными горизонтами почв III обусловлен именно этими причинами, что ди-

агностируется микроморфологически и аналитически позволяет классифицировать их как *лес-сивированные*.

Как правило, техно-почвы переуплотнены с поверхности, что является результатом спортивных воздействий. Наличие переуплотнения в поверхностном слое (плотность выше 1.53 г/см³, твердость – 40 кг/см²) служит основанием для выделения среди них подтипа технопереуплотненных дерново-подзолистых почв.

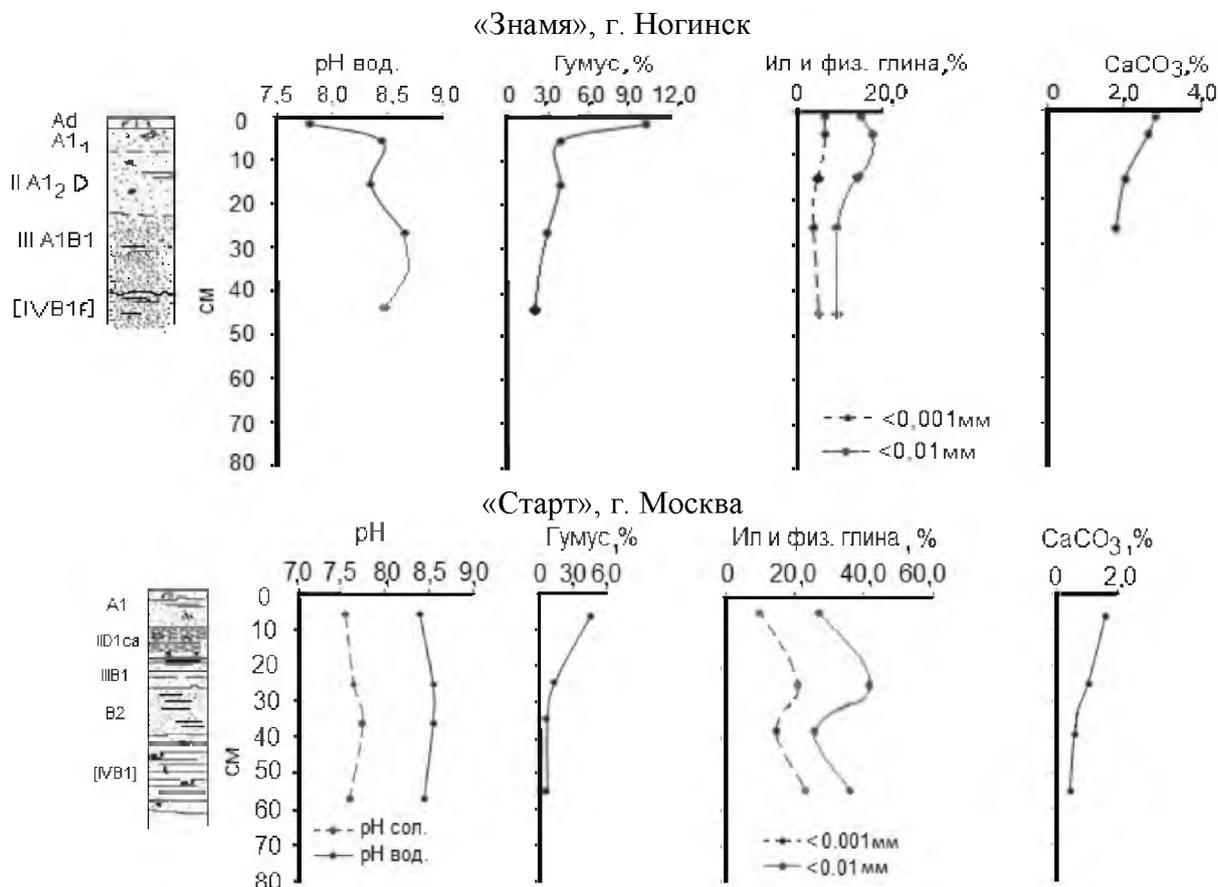


Рис. 2. Некоторые физические и химические свойства техно-дерново-подзолистых почв

Величина кислотности поверхностного горизонта техно-дерново-подзолистых почв колеблется в широких пределах, но преобладают почвы с щелочной ($pH_{вод.}=7.8-8.5$) и сильно-щелочной ($pH_{вод.}=8.6$) средой (рис. 2). Реакция среды у техно-дерново-подзолистых почв обычно выше, чем у природных дерново-подзолистых почв, и соответствует большинству урбаноземов г. Москвы [5, 13, 14]. Причиной является высвобождение кальция и магния под действием осадков и полива из щебня и дресвы карбонатных пород, битого кирпича (использовались при строительстве) и мусора, имеющих щелочную среду. Отличия по содержанию карбонатов (1.1–10.4%) обусловлены исходной неоднородностью насыпных и подстилающих субстратов. Практически повсеместно наблюдается постепенное уменьшение реакции среды с глубиной. Исключение составляет только разрез 4-ДШ-08 (ФП, г. Подольск), где на глубине 60-80 см в погребенном горизонте В1са (III) отмечено большое количество остаточных щебня и дресвы карбонатных пород. Такие почвы отнесены нами к остаточно-карбонатному подтипу техно-дерново-подзолистых почв ($CaCO_3, \%=5.7\%$).

Техно-дерново-подзолистые почвы по сравнению с природными имеют и другое соотношение в составе обменных катионов. Наиболее богаты обменным Ca^{++} (13.0-34.0 мг-экв/100 г) поверхностные горизонты техно-дерново-подзолистых почв. Содержание обменного магния (2.0-4.0 мг-экв/100 г) намного ниже. Такие значения близки к показателям сильноокультуренных дерново-подзолистых почв, что обусловлено главным образом значительным содержанием гумуса. Оно колеблется от 3.5 до 10.1 %, отношение $S_{г.к.}/S_{ф.к.}=0.48-0.52$, что свидетельствует о преобладании в их поверхностных горизонтах фульвокислот. Пестрота содержания гумуса главным образом обусловлена главным образом исходной неоднородностью органоминеральных горизонтов. С глубиной содержание гумуса либо резко падает, либо отмечается более



растянутый гумусовый профиль (1.2-1.4% на глубине 40-50 см), что может указывать на проявление гумусово-иллювиального процесса (рис. 2).

По содержанию основных элементов питания гумусовые горизонты сильно различаются между собой, что является следствием 1) исходной неоднородности органоминеральных горизонтов при их создании и 2) неравномерного внесения минеральных удобрений. Содержание подвижных форм P_2O_5 (26.73-42,5 мг/100 г) в гумусовых горизонтах техно-дерново-подзолистых почв больше, чем в лесных и меньше, чем в агродерново-подзолистых почвах (5-10 и до 60 мг/100 г).. Содержание подвижного K_2O (20.71-24.44 мг/100 г) выше, чем в дерново-подзолистых почвах (7-15 мг/100 г), и соответствует почвам городских ботанических садов и большинству урбанизированных территорий Москвы [5, 13, 14].

«Комбинированная техногенно-преобразованная» модель педогенеза - почвоподобные техногенные образования. На профессиональных футбольных полях (возраст 5 лет) формируются *примитивные квазиземы*. Они имеют профиль искусственного строения, состоящий из рулонной дернины (Ад) и гумусового насыпного горизонта, разделенного на два подгоризонта (А₁ и А₁₂), почвы-донора с элементами комковатой структуры. Горизонт содержит включения торфа и мелкой дресвы. Ниже залегают насыпные минеральные слои песчано-супесчаного гранулометрического состава с очень слабыми признаками иллювиальных почвенных процессов, оглеения и цементации.

Примитивные квазиземы имеют дифференцированный по гранулометрическому составу профиль (табл. 3): а) более тяжелый в верхней его части по сравнению с нижней. Содержание фракции >1 мм варьирует от 12 до 18%, что обеспечивает хороший дренаж всей поверхностной толщи ПТО. Для примитивных квазизем характерна высокая плотность сложения 1,20 г/см³.

Таблица 3

Гранулометрический состав примитивного квазизема

Горизонт	Глубина образца, см	Содержание фракций (%), размер частиц, мм							
		1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001	<0.01	>0.05
Разрез 1-ДШ-09 ("Спартак", п. Черкизово, Московская обл.)									
IA ₁	2-4	15.31	31.78	16.24	6.53	5.19	24.95	36.67	47.09
IIA ₁₂	4-10	38.63	22.43	19.43	4.71	6.65	8.15	19.51	61.06
III D	20-30	74.98	19.09	2.80	0.85	0.56	1.72	3.13	94.07

Величина pH в квазиземе колеблется от слабощелочной ($pH_{вод.} = 7.3$) в корнеобитаемом слое до сильнощелочной ($pH_{вод.} = 9.0$) в подповерхностных минеральных горизонтах. Это связано с остаточным карбонатным материалом (песок и дресва), внесенным в ПТО при строительстве футбольного поля. Как показали проведенные исследования, при создании поверхностных и подповерхностных горизонтов ПТО был использован окарбончатый песок, что с течением короткого времени (нескольких лет) привело к подщелачиванию профиля (горизонты вскипают от HCl). Об этом также свидетельствует максимум $pH_{вод.} = 9.0$ в слое на глубине 20-30 см, который сложен карбонатным песком ($CaCO_3$, %=11.17).

Максимальное содержание гумуса (3.7 %) наблюдается в слое 0-4 см, затем постепенно снижается с глубиной. В подповерхностном горизонте (II) на глубине 20-30 см его содержание составляет 0.3%, что может указывать на проявление гумусово-иллювиального процесса. Содержание поглощенных оснований Ca^{++} и Mg^{++} в поверхностных горизонтах квазизема достаточно высокое, в особенности Ca^{++} (21.00 мг-экв./100 г почвы). Это признак, который косвенно указывает на значительное внесение минеральных удобрений. Можно утверждать, что по данному показателю квазизем имеет высокую потенциальную емкость поглощения, а травы обеспечены необходимыми для роста элементами.

Органоминеральные слои квазизема имеют высокий уровень их обеспеченности элементами питания ($P_2O_5=163.17$ и $K_2O=24.61$ мг на 100 г почвы), что, безусловно, является следствием внесения минеральных удобрений и создает благоприятные почвенные условия для формирования устойчивого травяного покрова.

Примитивные квазиземы по своим свойствам являются близкими аналогами естественных слаборазвитых почв. С течением времени (50-75 лет) они трансформируются в дерновые квазиземы с полноразвитым профилем – более продвинутой стадии технопедогенеза на профессиональных футбольных полях [8].

Элементарные почвообразовательные процессы. Для гумидных климатических условий Московского региона природно-техногенное почвообразование представляет собой постоянную конкуренцию, «борьбу» трех трендов: 1) «проградационного» аккумулятивного

(наращивание агрономически важных свойств); 2) «деградационного» элювиального (ослабление, стирание этих свойств) и 3) «химически-деградационного» (подщелачивание, окарбоначивание, загрязнение тяжелыми металлами).

Гумусонакопление. Процесс гумусонакопления заключается в формировании соответствующих горизонтов – дернового и дернины. На физкультурных ФП в городских лесах и лесопарках с злаково-разнотравным фитоценозом сохраняется естественный биологический круговорот и процесс протекает практически как в фоновых дерново-подзолистых почвах. В техно-дерново-подзолистых почвах спортивно-массовых полей и ПТО под искусственным фитоценозом (спортивным газоном) при регулярном управлении человеком процесс заключается в преобразовании органического вещества почвы-донора. Он проявляется в высоком содержании гумуса (3.5-10.1%), обилии копролитов, в развитии мощной дернины (до 5 см) с большим количеством корней, высоким содержанием фосфора, калия, интенсивно участвующих в биологическом круговороте, а также обменных Ca^{2+} и Mg^{2+} .

Оструктуривание. Хорошая структура гумусовых горизонтов создается главным образом корнями газонных трав. Ее созданию способствуют и агротехнические мероприятия. Структурный состав поверхностного горизонта также тесно связан с гумусовым состоянием почвенной массы, активностью разложения органического вещества, создающего водопрочные агрегаты. Ежегодная дегумификация техно-дерново-подзолистых почв и ПТО на фоне регулярного механического воздействия спортсменов приводит к разрушению макро- и микроструктуры, ее деградации. Она выражена в появлении глыбистых агрегатов.

Данные микроагрегатного анализа почв демонстрируют заметные различия техно-дерново-подзолистых почв по характеру оструктуренности гумусовых горизонтов. Поверхностные дерновые горизонты техно-почв «Искра» (г. Москва) имеют наиболее высокую микрооструктуренность ($K_d = 1.01$), что связано с высоким уровнем агротехники на этом ФП. При низком уровне агротехники показатели микроагрегированности техно-дерново-подзолистых почв («Старт», г. Москва; «Торпедо», г. Мытищи) существенно ниже ($K_d = 6.09-9.34$), что связано с сильным переуплотнением их поверхности вследствие спортивных воздействий.

Уплотнение поверхностного горизонта – обязательное следствие регулярных спортивных воздействий. Плотность сложения в техно-почвах и ПТО, равно как и твердость, сильно варьирует в пространстве ФП в зависимости от функциональных зон и степени их физико-механической деградации. Разная твердость формирует локальные поверхностные водоупоры, т.н. «аварийные зоны» ФП (вратарские, штрафные, угловые, зоны безопасности и 11-е метровые отметки) – «горячие точки», локальные очаги деградации техно-почв и ПТО [8].

Окарбоначивание сопровождается подщелачиванием почв до 8.5 и увеличением содержания кальция, магния и гидрокарбонатов за счет растворения карбонатов разного происхождения. Карбонаты входят в состав дренирующих компонентов подповерхностного горизонта II (дресва и щебень карбонатных пород, битый кирпич), песка, используемого для улучшения несущего слоя газона, а также пыли, поступающей на поверхность ФП от техногенных источников загрязнения (цементная, строительная промышленность, теплоэнергетика) в промышленных городах Московского региона (Москва, Подольск, Ногинск).

Микроморфологические исследования показали, что карбонаты в профиле НП и ПТО встречаются как в виде многочисленных включений крупнопылеватой и песчаной размерности, так и в форме крупных остаточных обломков (рис. 3). *Ca* и *Mg*, освобождающиеся из них вызывают окарбоначивание верхней и срединной частей профиля.

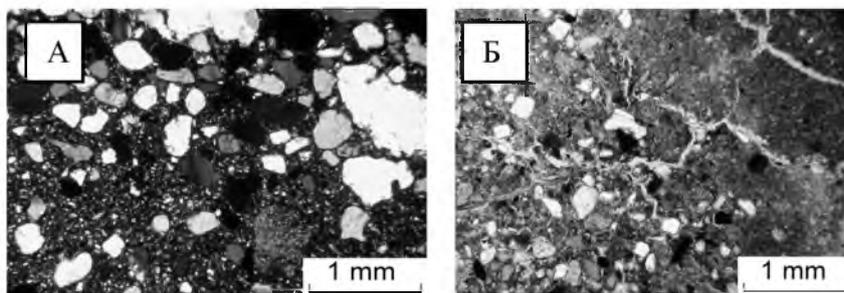


Рис. 3. Карбонаты в примитивных квазиземах: А – плазменно-песчаный прослой с включением обломков карбонатных пород – следствие пескования («Спартак» п. Черкизово, 5-10 см, X N); Б – включения карбонатных обломков в поверхностном горизонте («Спартак» п. Черкизово, 10-15 см, II N)

Миграция твердого вещества почв. В профилях техногенно-измененных почв ФП имеют место две формы миграции твердого вещества в почвах – партлювация (нисходящий перенос суспензий песка, пыли и ила) и лессиваж (суспензии тонкодисперсных фракций). Условия для проявления этих процессов весьма благоприятны, особенно в ПТО профессиональных футбольных полей. Агротехнические мероприятия способствуют рыхлению почвенной массы и созданию порового пространства, т.е. «каналов миграции». Структурные агрегаты дробятся и частично разрушаются, минеральные удобрения способствуют пептизации мелкозема. Поэтому нисходящая миграция тонкодисперсных фракций в техно-дерново-подзолистых почвах и ПТО действует более активно, чем в дерново-подзолистых почвах.

Сферой выноса твердого вещества при его элювиально-иллювиальном перераспределении в профилях техно-почв и ПТО ФП являются поверхностные горизонты. Подповерхностные и лежащие ниже горизонты являются зоной иллювиирования, «реципиентом» мигрирующих твердых веществ. В дренирующих слоях техно-почв и ПТО из-за увеличения плотности происходит осаждение ряда мигрирующих веществ, например, частиц песка и крупной пыли. Об этом свидетельствует характер кривых твердости по профилю, который показывает наличие переуплотненных участков (до 34 мм), которые изначально при строительстве ФП имеют более легкий гранулометрический состав и рыхлое сложение. Миграция и аккумуляция ила наблюдается во всей иллювиальной толще, вплоть до подпочвенных слоев. Часть ила поступает с дренажным стоком в колодцы по периферии ФП, на дне которых он аккумулируется.

Оглеение. Наиболее отчетливо и длительно оно выражено в верхних горизонтах ПТО («Спартак», п. Черкизово) на контакте с уплотненными слоями весной в период таяния, а также осенью в период максимума осадков. Признаки оглеения локально присутствуют и в подповерхностных иллювиальных горизонтах в виде сизоватой окраски минеральной массы. Нижние горизонты дерново-подзолистых суглинисто-глинистых почв ФП могут быть стабильно глееватыми.

Неблагоприятные физические свойства ряда почв и ПТО, их переувлажнение стимулируют процесс образования конкреций («оксидогенез»). Конкреции встречаются в разных генетических горизонтах дерново-подзолистых почв, их максимум приурочен к элювиальной части профиля. Так, например, в дерново-палево-подзолистой глееватой почве на покровных суглинках заметное содержание конкреций наблюдается только в гор. А1Е1-Е1; здесь они мелкие, полутвердые, Fe-гумусовые. В ПТО максимум конкреций также наблюдается в верхнем органическом горизонте, но здесь конкреции мелкие, Fe-Mn-ые. В то же время, как отмечалось выше, вследствие лессиважа и партлювации в профиле ПТО «Спартак» (п. Черкизово) наблюдается кольматация подповерхностной толщи и усиление ее роли как водоупора (рис. 4). Режим переувлажнения-оглеения приобретает пульсирующий характер, усиливается локальная сегрегация и цементация в подповерхностной толще II профиля.

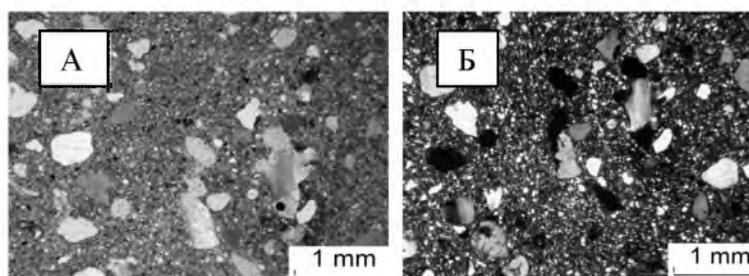


Рис. 4. Цементированный уплотненный песчано-тонкопылеватый материал, не имеющий пор и трещин в подповерхностном горизонте примитивного квазизема («Спартак» п. Черкизово, В - // N; Г - X N).

Миграция гумусовых соединений. В техно-дерново-подзолистых почвах и ПТО ФП все процессы совершаются более интенсивно, чем в естественных условиях, в том числе и трансформация органического вещества, ввиду технотурбаций, полива, внесения «готового» органического вещества (землевание) и особенностей педоклимата. Цикличность процесса обусловлена ежегодным поступлением остатков газонных трав. При этом органическое вещество расходуется не только на питание трав, но минерализуется актиномицетами, численность которых в ПТО на два порядка выше, чем в дерново-подзолистой почве [8]. Гумусовые соединения связываются глинистой частью почв, мигрируют в форме комплексных органо-минеральных соединений и осаждаются в подповерхностных иллювиальных горизонтах. На это ясно указывает увеличение содержания гумуса в профилях техно-почв на глубинах 42-47 см



(«Старт», г. Москва) и 55-60 см («Торпедо», г. Мытищи) (рис. 2). Морфологическое описание исследуемых техно-дерново-подзолистых почв также подтверждает аккумуляцию гумусового материала. Некоторая часть этого материала теряется с дренажным стоком [2; 8, 9].

Загрязнение тяжелыми металлами и мышьяком. В связи с исходной неоднородностью органоминеральных горизонтов НП и неравномерным поступлением ТМ из атмосферы, а также привносом с удобрениями их распределение характеризуется значительной пестротой, как по вертикальному профилю, так и в разных городах региона.

Самую низкую степень загрязнения ТМ и мышьяком имеет дерново-подзол физкультурного ФП. Суммарный показатель загрязнения ассоциацией микроэлементов (Z_c) равен 5.5. Более высокая степень загрязнения характерна для техно-дерново-подзолистых почв спортивно-массовых ФП. Максимальное накопление токсичных микроэлементов ($Z_c=57.9$) наблюдалось в техно-дерново-подзолистой почве стадиона "Наука" в г. Москве (Северно-Западный административный округ), что, главным образом, связано с выбросами автотранспорта и промышленных предприятий. Отмечается тренд зависимости уровней загрязнения НП и состава токсикантов от почвенно-геохимических факторов: содержания гумуса, pH , гранулометрического состава, в частности, содержания физической глины.

Заключение

Набор, сочетания и специфика почвообразовательных процессов в разных группах почв и ПТО ФП, как показывают проведенные исследования, неодинаковы. Даже внутри одной общности техно-дерново-подзолистых почв они приобретают черты, соответствующие какому-либо из трендов почвообразования: «проградационному» или «деградационному» или в почвенном профиле присутствуют признаки обоих направлений.

Неустойчивость свойств в профилях НП и ПТО заключается в том, что, с одной стороны, физическая и химическая деградация приводит к выщелачиванию питательных элементов, оглеению, лессиважу и партлюовации, миграции гумусовых соединений, окарбонированию, сегрегации и цементации, уплотнению, подщелачиванию и загрязнению ТМ. Эти процессы способны вывести из функционального состояния любое искусственное созданное спортивное сооружение, включая ФП. С другой стороны отмечается восстановление и улучшение свойств ряда техно-почв и ПТО агротехногенным воздействием (гумусонакопление, комковато-зернистое оструктурирование, разуплотнение).

Почвы физкультурных ФП, испытывающие влияние деятельности человека только в пределах верхнего горизонта, развиваются по «идеальной» природной модели почвообразования и мало чем отличаются по процессам, строению и свойствам от фоновых почв окружающих территорий. На спортивно-массовых ФП реализуется «техногенно-осложненная» модель почвообразования; вертикально-профильная дифференциация сочетается с техногенным привносом на поверхность твердофазного и хемогенного материала в малых количествах (аккумулятивно-седиментационная и аккумулятивно-хемогенная модель). ЭПП, формирующие профили техно-дерново-подзолистых почв, существенно отличаются от фоновых как интенсивностью некоторых процессов, так и появлением качественно новых, например, окарбонирования и подщелачивания.

Для ПТО профессиональных ФП характерно развитие одновременно в нескольких моделях педогенеза («комбинированная техногенно-преобразованная» модель). «Идеальный» педогенез сочетается с комбинациями явлений технотурбации (*турбационная модель*), с аномальными поверхностными хемогенными (аккумулятивно-хемогенная модель) и твердофазными поступлениями материала на поверхность (аккумулятивно-седиментационная модель).

Список литературы

1. Абрамшвили Г.Г. Спортивные газоны. Методическое пособие для работников стадионов и спортивных баз, занимающихся эксплуатацией футбольных полей. – М.: Советский спорт, 1988. – 157 с.
2. Белобров В.П., Замотаев И.В. Почвообразование на футбольных полях // Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. – 2006. – № 1 (14). – С. 73–91.
3. Белобров В.П., Замотаев И.В. Почвогрунты и зеленые газоны спортивных и технических сооружений. – М.: ГЕОС, 2007. – 168 с.
4. Булгаков А.М. Строительство плоскостных спортивных сооружений. – М.: Стройиздат, 1987. – 209 с.
5. Антропогенные почвы (генезис, география, рекультивация) / Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 267 с.
6. Гольдин М.И., Ляльченко К.Я. Футбольное поле. Строительство и эксплуатация. – М.: Физкультура и спорт, 1971. – 136 с.
7. Замотаев И.В. Факторы почвообразования на футбольных полях // Вестник МГПУ. – 2008. – № 3. – С. 15-32.



8. Замотаев И.В. Почвоподобные техногенные образования: свойства, процессы, функционирование. Автореф. дисс. ... доктора географ. наук. – М., 2009. – 50 с.
9. Замотаев И.В., Белобров В.П. Технопедогенез на искусственных субстратах футбольных полей // Экологическое планирование и управление. – 2007. – № 3 (4). – С. 48-63.
10. Замотаев И.В., Белобров В.П., Куленкамп А.Ю. Создание и функционирование почвоподобных техногенных образований (на примере футбольных полей) // Тр. Международной научно-практической конференции «Научные основы экологии, мелиорации и эстетики ландшафтов», Москва, 17-21 мая 2010 г. – М.: МГУ, 2010. – С. 304-309.
11. Замотаев И.В., Шевелев Д.Л. Спортивный техногенез как фактор почвообразования // Проблемы региональной экологии. – 2009. – № 6. – С. 268-274.
12. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
13. Строганова М.Н. Городские почвы: генезис, систематика и экологическое значение (на примере г. Москвы). Автореф. дисс.... доктора биол. наук. – М.: МГУ, 1998. – 71 с.
14. Строганова М.Н., Раппопорт А.В. Антропогенные почвы ботанических садов крупных городов южной тайги // Почвоведение. 2005. – № 9. – С. 1094-1101.

MODELS OF TECHNOPEDOGENEZ ON FOOTBALL FIELDS OF MOSCOW REGION

I.V. Zamotaev¹, D.L. Shevelev²

*¹Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Staromonetny pereulok, 29, Moscow, 119017, Russia
E-mail: zivigran@rambler.ru*

²Academician Pilyugin Center, Vvedenskogo, 1, Moscow, 1117342, Russia

Techno-soils and anthropogenic soil-like surface formations of athletic fields, playgrounds, and professional football fields of Moscow region are studied and typified on the basis of soil-genetic investigations. Research shows mechanism of their structure and properties development depending on natural-anthropogenic processes and the intensity of sport-anthropogenic influence. Genetic models of technopedogenez on football fields of different functional groups and main “degradation” and “progradation” elementary soil processes are defined.

Key words: football fields, techno- sod-podzolic soils, anthropogenic soil-like surface formations, elementary soil processes, models of technopedogenez.