

УДК 504. 53. 054: 631 (470.43)

## АККУМУЛЯЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ДЕПОНИРОВАНИЕ АТМОСФЕРНОЙ УГЛЕКИСЛОТЫ ЛЕСНЫМИ ПОЧВАМИ САМАРСКОЙ ЛУКИ

© 2010 <sup>1</sup>Е.В. Абакумов, <sup>1</sup>Э.И. Гагарина, <sup>2</sup>С.В. Саксонов\*

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург (Россия)

<sup>2</sup>Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти (Россия)

Поступила 07 декабря 2008 г.

После переработки 11 апреля 2009 г.

Подведены итоги изучения лесных почв Самарской Луки плане аккумуляции органического вещества и депонирования атмосферной углекислоты в составе гумуса

Ключевые слова: аккумуляция органического вещества, почвы, Самарская Лука.

### ВВЕДЕНИЕ

Самарская Лука – уникальный природный объект, что выражается в чрезвычайном разнообразии литолого-геоморфологических, климатических и почвенно-растительных условий, приводящем к формированию редких сочетаний лесных, лесостепных и степных почв на относительно небольшой по площади территории. Почвы Самарской Луки, являющиеся уникальными во многих отношениях пока еще мало изучены, хотя отдельные исследования почв и почвенного покрова предпринимались неоднократно (Ризположенский, 1893, Почвы Кубышевской, ...1949, Почвы Поволжья, 1974, Почвы Жигулевского..., 1983, Почвенные планы..., 1983, Гагарина и др., 2003, 2006, Абакумов и др., 2004, Прокофьева, 2005). Большая часть Жигулевского государственного заповедника и значительная часть Национального парка «Самарская Лука» представлена лесными территориями. В связи с этим устойчивое развитие Самарской Луки в условиях изменяющегося климата и возрастающей антропогенной нагрузки будет зависеть от сохранения почв и запасов органического вещества в лесных биогеоценозах. Устойчивость функционирования биогеоценозов во многом зависит от разнообразия лесных почв, эффективности выполнения ими экологических функций и от изменчивости почв во времени.

В данной работе мы не будем подробно останавливаться на условиях формирования почв на Самарской Луке. Они были ранее подробно описаны в наших работах (Гагарина и др., 2003, 2006, Абакумов и др., 2004) и публикациях других авторов (Почвы Куйбышевской..., 1949, Прокофьева, 2005). Нужно лишь отметить, что территория Самарской Луки разделяется на два района, где возможно существование лесных почв: горный (Жигулевские горы и их переход в плато до границы

---

\* *Абакумов Евгений Васильевич*, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры почвоведения и экологии почв; *Гагарина Эльвира Ивановна*, доктор биологических наук, профессор той же кафедры; *Саксонов Сергей Владимирович*, заведующий лабораторией проблем фиторазнообразия.

с Ширияевской долиной) и участки плато (в основном центральная часть Самарской Луки, в южной части доля лесов значительно сокращается). Отдельной группой выделяются лесные территории пойм Самарской Луки, где активно осуществляются аллювиальные процессы почвообразования.

Почвы в экосистемах выполняют важнейшие экологические функции (Добровольский, Никитин, 2000, Структурно-функциональные, 1999), среди которых важно отметить следующие: депонирование атмосферного углекислого газа в составе органического вещества, сохранение биоразнообразия, регулирование геохимических процессов миграции элементов и сохранение в морфологии и химических свойствах данных о прошлых стадиях эволюции почвенно-растительного покрова. Лесные почвы должны быть изучены именно в связи с эффективностью выполнения ими указанных экологических функций. Но перед этим необходимо охарактеризовать из разнообразия, морфологические свойства и главные различия в функционировании в зависимости от конкретного типа ландшафта.

### **ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗНООБРАЗИЯ ПОЧВ ЛЕСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ САМАРСКОЙ ЛУКИ И ИХ МОРОФОЛОГИИ**

*Жигулевские горы* характеризуются максимальным разнообразием почв и самой высокой мозаичностью почвенного покрова (в работе использована Классификация и диагностика почв России 2004 г). Плоские вершины и верхняя часть склонов Жигулевских гор заняты по преимуществу карбо-литоземами темногумусовыми типичными (AU- ACca-Cca-M), которые приурочены к сосновым лесам со степным травянистым покровом, а также к каменисто-степным участкам гор. Эти почвы в Классификации и диагностике почв СССР (1977) соответствуют дерново-карбонатным типичным. Под отдельными участками горных сосняков процессы минерализации подстилки замедлены, в связи с чем, аккумулируется ее значительное количество и формируется профиль карбо-литоземов перегнойных (H-ACca-Cca-M или H-Cca-M). Мощность оторфованной подстилки буровато-коричневого цвета составляет 10-20, а иногда 30 см. Замедленный тип минерализации органического вещества мы связываем с низкой влагообеспеченностью участков, занятых трещиноватыми известняками. Карболитоземы темногумусовые содержат в верхней части до 12-15% органического углерода, а карболитоземы перегнойные – до 30-40%. На участках, где элювий не аккумулируется, формируются почвы из отдела слабозрелых постлитогенных почв – карбо-петроземы гумусовые типичные (W-Mca), где на плотной известковой плите залегает гумусово-слаборазвитый горизонт. В этом случае почвы формируются как под отдельными островками лесной растительности, так и под степными экосистемами.

На вершинах гор участки карбо-литоземов и карбо-петроземов под лесами чередуются с обнажениями плотных известняков, незатронутых процессами почвообразования и участками, занятыми сходными почвами под степной растительностью. Почвенный покров вершин Жигулевских гор достаточно однообразен и считается древнейшим на Самарской Луке. К карболитоземам приурочены реликтовые сосновые боры со степным напочвенным покровом – шиханы. Их сохранение связано с низкой сенсорностью изученных почв к изменениям климата и ландшафтным перестройкам.

В первой трети склонов при движении от вершины вниз под липово-кленовыми лесами с примесью сосны обнаруживаются почвы, относящиеся к подтипу глинисто-иллювирированных в типе карбо-литоземов темно-гумусовых. Формула профи-

ля – (O) AU-AUt-St-Mca. Здесь, как видно, традиционная формула профиля – (O)-AU-St-Mca, дополнена горизонтом AUt. Это нижняя часть темно-гумусового горизонта с признаками иллювиирования глины, характерная для дерново-карбонатных выщелоченных почв. При этом иллювиальное накопление глины нами не отрицается и для верхней части горизонта С, и даже горизонта М.

На северных склонах гор местами на поверхности наблюдаются выходы речно-го аллювия древней Волги – песка серого цвета. В таких случаях формируются почвы, принадлежащие к типу серогумусовых (AY-C) в отделе органо-аккумулятивных почв. В случае если древний аллювий перекрыт сверху слоем глинистого карбонатного делювия мощностью около 20 см, бурые почвы не формируются, а наблюдается профиль типа серогумусовых почв, подтипа метаморфизованных (AY-Cm-C). Развитию метаморфического горизонта в этом случае препятствует хороший дренаж, обеспечиваемый песчаным аллювием. Метаморфизация охватывает только нижнюю часть глинистого профиля, что и выражается в формировании горизонта Cm.

Таким образом, в горной части Самарской Луки набор почвенных таксонов относительно однообразен для вершин и верхних третей склонов. При движении вниз по склону в зависимости от экспозиции коренным образом изменяется тип почвообразования. Так, на северных склонах карболитоземы сменяются буроземами темными, которые в средней части склона представлены подтипом остаточно-карбонатных (O-AU-ABm-BMca-Cca), а в нижней трети склона подтипом типичных (O-AU-ABm-BM-C), а в нижних частях оврагов и подвешенных V-образных долин подтипом оподзоленных буроземов (O-AUe-ABmt-BM-C). В нашем случае буроземы содержат необходимое количество гумуса (более 3%), для отнесения к буроземам темным. Но в случае большой мощности делювия может проявиться факт «разбавления» гумуса в больших количествах мелкозема в связи с чем при тех же запасах гумуса верхний горизонт может быть классифицирован как светлогумусовый. Во избежание подобных классификационных трудностей, мы предлагаем все буроземы, содержание органического углерода в которых на глубине 1 м превышает 1%, т.е. глубокогумусные почвы (Карпачевский, 2001), относить к типу темногумусовых, даже в том случае, если гумусированность верхнего органо-минерального горизонта будет недостаточной для его отнесения к темногумусовым. Формирование бурых лесных почв на территории Самарской Луки приурочено только к северным склонам Жигулевских гор, что связано в первую очередь со спецификой климатических условий, т.е. более мягким и влажным климатом, терморгулирующим влиянием Волги, более длительным сохранением снегового покрова (Кудинов, 2001).

В средних и нижних частях склонов западных и восточных экспозиций формируются темно-серые почвы. Среди них обнаружены как подтип типичных (O-AU-AUe-BEL-BT-BC-C), так и подтип темно-серых почв со вторым гумусовым горизонтом (O-AU-AUe-BEL[hh]-BT-BC-C). Генезис этих почв также тесно связан с климатическими условиями их формирования. Климат долин и склонов гор, обращенных к долинам, резко отличается от климата северных склонов, направленных к Волге (Кудинов, 2001) прежде всего своей континентальностью, сухостью и контрастностью перепадов температур, что было отмечено еще Г.В. Обедиентовой (1953). В этих условиях в составе растительности появляются мелколиственные виды. При этом процесс гумификации осуществляется более полно, с образованием черных гуминовых кислот, ограниченно способных передвигаться вниз по профи-

лю. В условиях потечности гумуса на отдельных участках склонов происходит формирование второго гумусового горизонта на верхней границе субэлювиальной толщи. Почвы восточных и западных склонов гор очень сильно морфологически отличаются от буроземов северных склонов гор. Коренным образом различаются и типы гумуса. Если на северных склонах уже в карболитоземах темногумусовых иллювиально-глинистых происходит увеличение доли фульвокислот, то тем более оно заметно в карболитоземах с признаками оглинивания, гумус буроземов характеризуется как гуматно-фульватный или фульватный. Напротив, гумус темносерых почв гуматный или фульватно-гуматный, а во втором гумусовом горизонте всегда гуматный, именно за счет миграции фракции черных гуминовых кислот.

Южные склоны Жигулевских гор более покатые, они плавно переходят в нагорную часть. Здесь под широколиственными лесами встречаются черноземы иллювиально-глинистые на хорошо выщелоченных элюво-делювиях коренных известняков (O-AU-BI-C-Cca). Эти черноземы в случае мощности темногумусового горизонта менее 30 см следует относить к карболитоземам темногумусовым глинисто иллювиированным (O-AU-St-Ca). Поскольку признаки иллювиирования глины в виде кутан и уплотнения встречаются уже в нижней части горизонта AU, мы считаем целесообразным добавить в формулу профиля горизонт AUt. Горная часть постепенно переходит в плато Самарской Луки, почвы которого будут рассмотрены ниже. В денудационных долинах Самарской Луки (Ширяевская, Бахилова, Морквашинская и др.) лес отдельными участками по склонам спускается вниз, но основная часть этих долин занята луговой или лугово-степной растительностью на разнообразных черноземах, относящихся к типу глинисто-иллювиированных.

*Плато Самарской Луки* весьма неоднородно как в почвенном, так и в геоботаническом отношении. Рельеф плато увалисто-денудационный, при этом плоские автоморфные позиции увалов сменяются трансэлювильными и аккумулятивными ландшафтами склонов и днищ долин. Разнообразие почв на плато характеризуют следующие примеры.

В Сосново-Солонецком лесничестве НП «Самарская Лука» нами обнаружены почвы двух совершенно различных типов – дерново-подзолов и черноземов. Несмотря на то, что эти типы почв принадлежат двум во многом противоположным макрокосмам почв – элювиальному и аккумулятивному (Соколов, 2003), разделенным на территории Русской равнины сотнями километров, на Самарской Луке они соседствуют на участке площадью 1 га. Причиной этого явления служит литологическая неоднородность пространства. Почвообразующие породы здесь представлены глинистыми делювиями коренных известняков и юрскими супесями. Делювии занимают возвышенные платообразные участки, в то время как юрские породы выходят на поверхность в основном по пологим склонам. На карбонатных глинистых делювиях формируются черноземы иллювиально-глинистые типичные AU-AB-BI-Cca, в настоящее время эти почвы распаханы. На юрских супесях описаны дерново-подзолы псевдофибровые (O-AU-E-Bff-C) с мощным (до 40 см) элювиальным горизонтом. Таким образом, здесь литологический фактор оказывает решающее воздействие на ход почвообразовательного процесса. Так, на юрских супесях поселяется не широколиственная растительность, а в основном мелколиственная (березовые леса). На карбонатных делювиях мы встречаем остепненные луга. Указанные почвообразующие породы коренным образом отличаются по предпосылкам развития элювиальных или аккумулятивных процессов. Плотный глинистый делювий сопротивляется сквозному промачиванию, при этом в нем содержат-

ся карбонаты, препятствующие в течение долгого времени развитию элювиального процесса. Юрские супеси, богатые кварцем и отличающиеся светлой окраской наиболее податливы к выветриванию и бедны элементами питания, в связи, с чем здесь поселяется элювиально-устойчивый тип растительности – лес (Пономарева, Плотнова, 1980). Особенности литологических основ почвообразования настолько сильно проявляются, что в одних и тех же климатических условиях коренным образом изменяется тип растительности и тип почвообразования.

Еще одним примером высокого разнообразия почв, обусловленного спецификой геогенных факторов на территориях занятых лесом служит сочетание темно-серых типичных (O-AU-AUe-BEL-BT-C), серых типичных (O-AУ-AEL-BEL-BT-C), серых глееватых (O-AУ-AEL-BEL-BTg-C), дерново-подзолистых (O-AУ-EL-BEL-BT-C), торфянисто-подзолисто-глеевых (T-ELg-BELg-BTg-G-CG), обнаруженное в 185 – 186 кварталах Жигулевского заповедника. Темно-серые и серые почвы приурочены к карбонатным элюво-делювиям и делювиям в автоморфных позициях под кленово-липовыми лесами. Серые глееватые почвы встречаются редкими ареалами в понижениях рельефа на тех же породах. Подзолистые почвы формируются исключительно на юрских суглинках и глинах, характеризующихся по сравнению с делювиями высокой плотностью, бедностью минералогического состава и низкой обеспеченностью элементами питания. Дерново-подзолистые почвы приурочены к автоморфным позициям, торфянисто-подзолисто-глеевые – замкнутыми депрессиям. Примечательно, что леса, формирующиеся на подзолистых почвах в большинстве случаев – мелколиственные (березовые с примесью липы и клена).

Таблица 1

Характеристика вещественного состава почвообразующих пород Самарской Луки

Почвообразующая порода	Почва	Содержание CaCO <sub>3</sub> , %	pH вод	Содержание физ. Глины, %	Содержание ила, %	Минералогический состав ила
Элювии известняков карбона и перми	Карболи-тоземы	30-85	7,6	25	20	Смектит-каолинит-иллитовый
Делювии коренных пород склонов гор	Бурые	12	7,3	65	43	Смектит-иллит-каолинитовый
Делювии коренных пород плато	Темно-серые, серые	5-8	7,0-7,5	50	30	
Элювии юрских глин и суглинков	Дерново-подзолистые	0	5,0	30-60	15-38	Иллит-каолинитовый при очень небольшой примеси смектита

Отдельным геоморфологическим и ландшафтным районом Самарской Луки являются поймы и острова. На этих участках распространены псаммоземы типичные (O-Cg) и псевдофибровые (O-Cff-Cg) из отдела слаборазвитых органогенных в

стволе постлитогенных почв. Эти почвы приурочены к участкам, редко затапливаемым или не затапливаемым водой вовсе. В условиях активного аллювиального седиментогенеза формируются почвы подтипов типичных (АУ-С) и глееватых (АУ-Сg) в типе аллювиальных серогумусовых почв. Лесная растительность на перечисленных почвах представлена сосновыми лесам, осокорниками и широколиственными породами.

Приведенные выше данные показали, что главной причиной формирования высокого разнообразия почв на Самарской Луке являются геогенные условия, т.е. почвообразующие породы и рельеф. На характеристике остава почвообразующих пород исследованных объектов следует остановиться подробнее (табл. 1).

Данные, приведенные в табл. 1 свидетельствуют о том, что породы сильно различаются друг от друга по большинству параметров. Кислая реакция среды, иллит-каолинитовый состав илистой фракции и отсутствие карбонатов в мелкоземе элювиев юрских глин способствуют развитию подзолообразовательного процесса. В случае горных делювиев буроземобразованию способствует повышенная карбонатность и тяжелый гранулометрический состав почвообразующих пород. Делювии коренных пород плато благоприятны для образования серых и темно-серых почв в силу их карбонатности и тяжелого гранулометрического состава. Высокая карбонатность элювиев пермских и карбоновых известняков вершин гор способствует формированию интразональных почв – карболитоземов.

### МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ТИПЫ ГУМУСА ЛЕСНЫХ ПОЧВ САМАРСКОЙ ЛУКИ

Морфологические типы гумуса были диагностированы согласно методическим рекомендациям О.Г. Чертова (1974). В основу определителя подстилок положены мощность и степень разложения органического вещества подстилок и наличие, а также мощность и состав органо-минеральных горизонтов почв.

Карболитоземы типичные относятся к *модергумусовому* типу с двухслойной подстилкой и горизонтов гумусонапления под ней. Карболитоземы глинисто-иллювиальные относятся к *дерновому* типу гумусового профиля, для которого характерно наличие подстилки и мощного горизонта накопления гумуса. Отдельной группой выделяются карболитоземы с мощным (до 24 см) горизонтом модеронового типа, который очень похож на сухоторфяный вариант органогенного слоя в Классификации и диагностике почв России 2004 г.

Дерново-подзолистые почвы, изученные нами содержат мощную подстилку, как правило состоящую из трех подгоризонтов различной мощности: L (слой слаборазложившегося опада), F (слой ферментации – разрушения опада под воздействием почвенных беспозвоночных и экзоферментов микроорганизмов), H (слой интенсивной гумификации опада). Наличие приведенной системы горизонтов в органогенной части почвы свидетельствует о развитости процессов трансформации органического вещества в подстилке, которые приводят к формированию фульвокислот и гуминовых кислот, в дальнейшем поступающих в верхние органо-минеральные и срединные минеральные горизонты. Обилие видов в травянистом ярусе и его существенный корневой опад приводят к гумусированию минеральной части почвы в горизонта АУ, что способствует увеличению его мощности. Такой тип гумуса, с развитой системой подгоризонтов подстилки и хорошо выраженным гумусовым горизонтом относится к *модергумусному типу*. В случае торфянисто-перегнойно-подзолистых почв, формирующихся в полугидроморфных позициях

рельефа подстилка является оторфованной, при этом мощность гумусовоаккумулятивного горизонта не превышает 10 см. Такой тип гумуса свидетельствует о формировании *торфянисто-модергумусовой почвы*.

Серые почвы представлены *модермуллевыми* разновидностями, что выражается в формировании двухслойной подстилки и наличии мощного гумусового горизонта. Темно-серые почвы представлены *муллевыми* и *модермуллевыми* разновидностями. В первом случае мощность рыхлой подстилки меньше 2 см и ниже залегает мощный (20-30 см) гумусовоаккумулятивный горизонт, во втором случае над горизонтом АU залегает горизонт среднемошной двухслойной подстилки.

Для бурых почв Жигулевских гор характерен *муллевый* тип гумуса.

Таким образом, судя по морфологии гумусового профиля изученных почв, типы дерново-подзолистых почв отличаются замедленными темпами трансформации органического вещества, что связано с доминированием мелколиственных лесов и бедными почвообразующими породами. Напротив, в серы и темно-серых, равно как и в бурых почвах материал опада быстро «срабатывается» и переходит в состав гумусовоаккумулятивного горизонта. В случае карбо-литоземов мощность подстилки и степень ее трансформации зависит от мощности мелкоземистой толщи и степени декарбонатизации субстрата. В увеличении параметров, характеризующих приведенные показатели уменьшается мощность подстилочного слоя и увеличивается глубина муллевого гумусированного горизонта.

В заключении этого раздела следует отметить, что по всей вероятности от мощности мелкоземистой толщи и ее богатства по вещественному составу во многом зависит тип распределения органического вещества по профилю. Так, на богатых породах с полнопрофильными почвами гумус аккумулируется преимущественно в мелкоземистой толще, в то время как замедленные процессы трансформации органического опада приводят в эктоморфному типу гумусонакопления в почвах на бедных мелкоземистых или плотных каменистых породах. В связи с этим логичным выглядит предположение о том, что почвы с мощным мелкоземистым мулевым горизонтом в более значительной степени устойчивы как к глобальным изменениям окружающей среды, так и к локальным воздействиям типа рекреационного, способного привести к быстрому вытаптыванию или выжиганию подстилки.

## **КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ПОДСТИЛОК И ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ОРГАНОГЕННЫХ ГОРИЗОНТАХ**

Почвоведение в большинстве случаев изучает конкретный почвенный разрез в пределах одного элементарного почвенного ареала, причем это относится даже к катенам, которые представляют совокупность отдельных почвенных разрезов в пределах условно выбранной топологической или литологической серии. Указанные способы изучения почв вскрывают пространственную вариабельность почвообразовательного процесса не полностью, в особенности это касается органогенных горизонтов. Между тем, проблема точной оценки запасов гумуса, аккумулирующегося в составе подстилок не решена в методическом плане, что усугубляется отсутствием измерений мощности подстилок и их запасов в пространстве в пределах одного элементарного почвенного ареала. В связи с этим мы предприняли попытку картографирования состава, мощности и запасов подстилочных горизонтов пределах трех пробных площадей по измерению поступления опада в составе тополитокатены Жигулевского заповедника. С 1974 г и по настоящее время на этих

пробных площадях производит измерения с.н.с. Жигулевского заповедника К.А. Кудинов с сотрудниками. Первая карта подстилки размером 25 м<sup>2</sup> заложена на пробной площади № 1 на карбо-литоземе темно-гумусовом, выложенный гребень в верхней трети склона. Вторая карта соответствует второй пробной площади на бурозем-рендзине (карболитозем метаморфизованный), середина склона. Третья карта была создана для пробной площади № 3 на буроземе темном остаточном карбонатном, нижняя треть склона. Растительные сообщества соответственно площадкам: сосняк, липово-кленовый лес и липовый лес.

Запасы подгоризонтов подстилки и различных фракций валежника определяли взвешиванием в поле с последующим пересчетом на воздушно-сухое вещество. Степени разложения валежника описывались следующим образом: 1 – свежий валежник с отваливающейся корой, 2 – валежник, разложенный в глубь максимум на треть, 3 – стволы разложены на две трети, 4 – материал древесных стволов представляет собой труху и иногда мажется вследствие глубоких стадий разложения.

Таблица 2  
Запасы гумуса в лесных подстилках на пробных площадях, кг/м<sup>2</sup>

Пробная площадь	Запасы гумуса в подстилках, г/м <sup>2</sup>			Суммарно в подстилке
	L	F	H	
1	0,62±0,19	1,00±0,18	1,31±0,36	2,94±0,26
2	0,52±0,05	0,75±0,11	-	1,28±0,13
3	0,10±0,01	0,10±0,01	-	0,20±0,01

Данные табл. 2 свидетельствуют об очевидных различиях в запасах подстилок на поверхности карболитоземов, бурозем-рендзин и буроземов. На первой площадке формируется выраженный подгоризонт подстилки H, кроме L и F подгоризонтов имеющихся в почвах всех трех пробных площадей.

По данным Е.Ф. и В.Ф. Малышевых (2007), в сосняке залогово-разнотравном (площадка 1) наблюдаются ксерофитные условия, связанные с хорошим освещением поверхности почвы и ее дренированностью, а также невысоким содержанием мелкозема. В связи с этим разнообразие агарикоидных макромицетов в подстилках этой площадки минимально, а в их составе доминирует группа подстилочных сапротрофов. Далее при движении вниз по склону упрямости сохранении существенной доли подстилочных сапротрофов увеличивается доля гумусовых сапротрофов (имеется ввиду коллоидный гумус органо-минеральных горизонтов). Эта группа проявляется в липняке злаково-разнотравном (площадка 2) и увеличивается в осиннике разнотравном (площадка 3). Мы связываем это с увеличением мощности мелкоземистого слоя, накоплением гумуса в органо-минеральных горизонтах и увеличением влагоемкости почвы. Как отмечал С.Я. Трофимов с соавт. (Регуляторная роль..., 2002) морфология органогенных и органо-минеральных горизонтов лесных почв определяется механизмами сохранения органического вещества в экосистеме для осуществления главной задачи – минимизации диссипации энергии счет быстрой минерализации органического вещества. В случае, если мелкоземистая часть профиля не развита, то наиболее эффективным способом сохранения органического вещества будет накопление мощных стратифицированных подстилок с существенной долей фракции воскосмол (Абакумов, Попов, 2005). В случае мощной мелкоземистой толщи существует возможность закрепления гумифицированного органического вещества в составе органо-минеральных комплексов и солей щелочноземельных элементов. В таких почвах гумус подстилок быстро гумифицируется и переходит в состав гумусовоаккумулятивных горизонтов.

Таблица 3

Запасы валежника на поверхности почв пробных площадей, кг/м<sup>2</sup>

Пробная площадь	Запасы валежника различной степени разложения <sup>1</sup>				Суммарные запасы валежника <sup>1</sup>	Суммарный запас вещества в валежнике и подстилке
	1	2	3	4		
1	$\frac{0,11}{13,7}$	$\frac{0,08}{9,6}$	$\frac{0,24}{28,8}$	$\frac{0,40}{48,0}$	$\frac{0,83}{22,0}$	3,77
2	$\frac{0,06}{42,9}$	$\frac{0,008}{5,7}$	$\frac{0,07}{51,4}$	-	$\frac{0,14}{9,9}$	1,42
3	$\frac{0,12}{46,1}$	$\frac{0,14}{53,9}$	-	-	$\frac{0,26}{56,5}$	0,46

1 – в числителе – запас фракции валежника в кг/м<sup>2</sup>, в знаменателе – запас фракции валежника в % к общей массе валежника на площадке

2 – в числителе – суммарный запас валежника в кг/м<sup>2</sup>, в знаменателе – доля валежника в общей сумме запасов вещества в органогенных горизонтах

Данные табл. 3 свидетельствуют о существенной доле валежника в формировании общих запасов органического вещества на поверхности почвы. Валежник 1 и 2 стадии разложения встречается на всех трех площадках, при этом валежник третьей степени разложения был отмечен на второй площадке, а материал четвертой степени разложения – только на первой площадке. Эти первые оценки запасов валежника могут быть использованы в дальнейшем для мониторинга изменений запасов гумуса и для имитационного моделирования процессов трансформации органического вещества в почвах.

### ПРОФИЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГУМУСА В ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ

Профильное распределение гумуса в лесных почвах, проведенное на основе аналитических определений содержания углерода органических соединений в целом подтверждает выводы, полученные в предыдущем разделе. Соответствующие данные приведены на рис. 1 и 2.

В карболитоземах максимальное количество гумуса сконцентрировано в подстильных горизонтах, общая глубина гумусового профиля зависит от мощности мелкоземистой толщи.

В случае полнопрофильных структурно-метаморфических и текстурно-дифференцированных почвах очень сходно (здесь специально не приведены данные по содержанию углерода в подстилке, поскольку эти горизонты играют меньшую роль в формировании запасов гумуса), в особенности для серых, бурых и дерново-подзолистых почв. Темно-серые почвы отличаются повышенным содержанием гумуса и очень постепенным убыванием его содержания вниз по профилю. Все изученные почвы содержат значительные количества гумуса в срединных элювиальных горизонтах, что свидетельствует о возможности отнесения их к т.н. «глубокогумусным» почвам согласно предложению Л.О. Карпачевского (2000).

### СОСТАВ ГУМУСА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Почвообразование является процессом в значительной степени зависящем от гумусообразования. Эта связь проявляется настолько тесно, особенно в лесных

почвах, что В.В. Пономарева (1980, 1984) считала эти понятия синонимичны. Во всяком случае каждый тип почвообразования характеризуется определенным типом гумуса и определенным типом гумусового профиля. Соответствующие данные для исследованных нами лесных почв приведены в табл. 4.

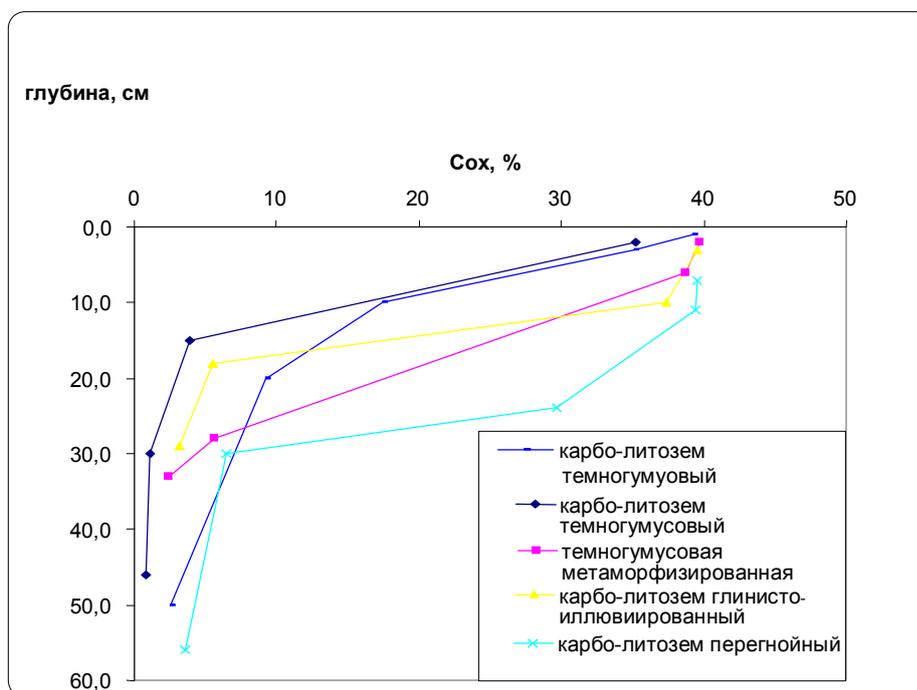


Рис. 1. Профильное распределение общего органического углерода в карболитоземах Жигулевских гор

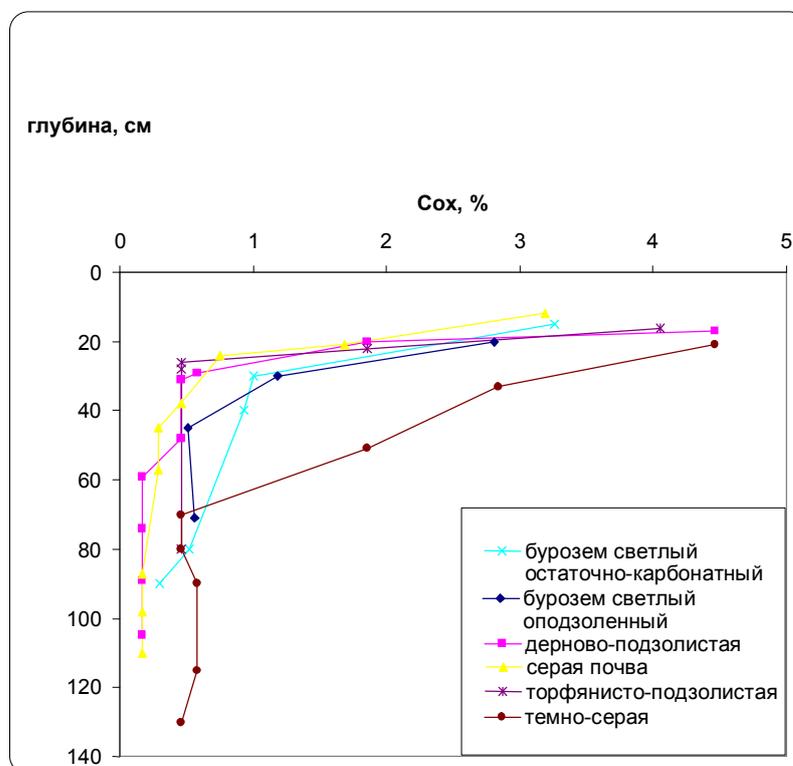


Рис. 2. Распределение общего органического углерода в профилях структурно-метаморфических и текстурно-дифференцированных почв

Таблица 4  
Тип гумуса (Сгк/Сфк) и степень гумификации (Сгк/Собщ) органического вещества лесных почв

Почва	горизонт	Сгк/Сфк	Сгк/Собщ
Карболитозем иллювиально-глинистый	AU	1,06	26,5
	ACt	0,73	25,6
	Ct	1,13	34,2
Бурозем темный	AU	0,66	19,0
	AB	0,38	19,0
	BM	0,61	24,0
Темно-серая	AU1	1,5	19,3
	AU2	1,6	23,1
	AUe	1,9	28,9
	BT1	0,9	18,5
	BT2	0,4	7,7
	BT3	0,2	5,2
Серая почва	AUe	1,2	34,1
	AEL	1,1	33,1
	EL	1,2	36,8
	BEL	1,1	35,9
	BT1	0,9	30,5
	BT2	0,4	17,1
Дерново-подзолистая глееватая	AU	0,9	14,5
	AEL	0,9	16,4
	EL1	0,9	16,8
	EL2	0,8	21,9
	BELg	0,4	16,2
	BTg	0,3	17,4

Карболитоземы характеризуются хорошо гумифицированным фульватно-гуматным органическим веществом, хотя среди них встречаются и почвы с гуматно-фульватным типом гумуса. Кислый фульватный гумус характерен для бурых и дерново-подзолистых почв, в первом случае это связано с повышенным увлажнением и мягким климатом северных склонов гор, во втором причиной образования фульватного гумуса является бедность почвообразующей породы щелочноземельными элементами и доминирование мелколиственной растительности.

В остальных типах почв, т.е. в серых и темно-серых органическое вещество верхних горизонтов характеризуется домини-

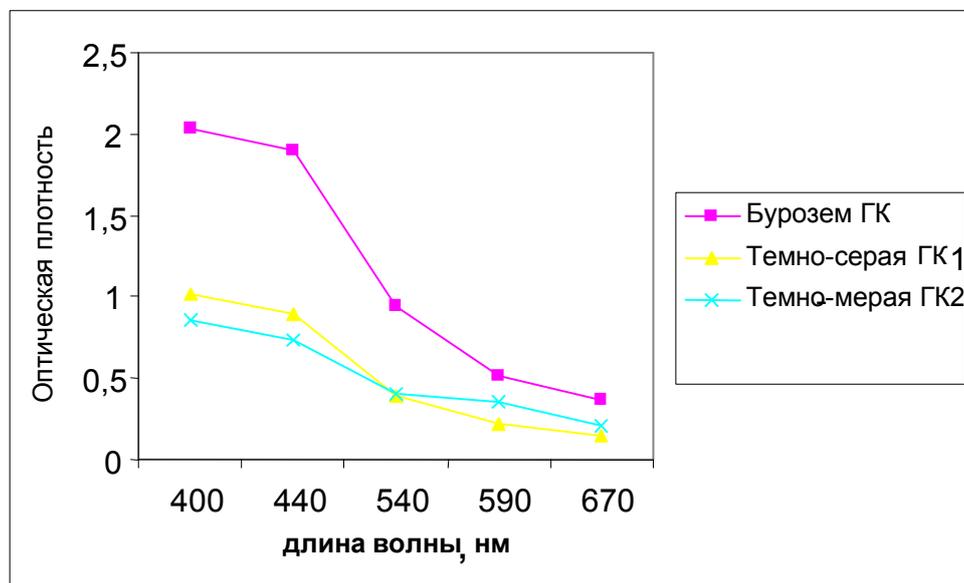
рованием гуминовых кислот, при это гумус темно-серых почв относится к гуматному, а гумус серых почв – к фульватно-гуматному. Ниже по профилю наблюдается доминирование фульвокислот в составе гумуса.

Таблица 5  
Характеристика элементного состав гуминовых кислот бурых и темно-серых почв

Почва		C	O/C	C/N	H/C	Q, ккал/кг
Бурозем	AU-1	32,3	0,61	8,5	1,36	4339
	AU-2	37,0	0,62	12,8	1,01	4139
Темно-серая	AU-1	30,0	0,95	11,0	1,25	3139
	AU-2	34,0	0,72	16,9	1,13	3898

Такое распределение гумуса в серых и темно-серых почвах связано с различной подвижностью фракций гуминовых кислот, представленной черными ГК и фракций фульвокислот. Так менее подвижные гуминовые кислоты «усредняются» кальцием и выпадают в осадок в средней части профиля, в то время как фульвокислоты мигрируются в иллювиальные горизонты, где и аккумулируются. Если в почвах формируются бурые гуминовые кислоты,

которые в отличие от черных гуминовых кислот практически нерастворимы и в связи с этим неподвижны, то распределение их по профилю будет примерно одинаковым, что связано с их инситуальным формированием, а отношение  $S_{гк}/C_{фк}$  по этой причине не будет изменяться в пределах одного типа гумуса.



**Рис. 3. Оптическая плотность гуминовых кислот первой и второй фракций, концентрация ГК 0,136 г/л**

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что механизмы гумификации в лесных почвах Самарской Луки несколько различны: в серых и темно-серых почвах на делювиях коренных пермских и карбоновых пород гумификация происходит по «степному» сценарию с образованием черных гуминовых кислот. В бурых почвах на делювиях коренных пород влажных северных склонов гор и дерново-подзолистых почвах на юрских глинах плато процесс гумификации приводит к образованию бурых гуминовых кислот, что сближает эти почвы с таежными гумидными аналогами нечерноземной полосы России. В подтверждение вывода различия механизмов гумификации приведем данные по составу гуминовых кислот, выделенных из темно-серой и бурой почв (табл. 5)

Из данных табл. 5 заметно, что ГК темно-серой почвы значительно более окислены, в связи с чем отличаются пониженной калорийностью по сравнению с ГУ бурых почв. Это подтверждает вывод о более интенсивной гумификации в темно-серых почвах. Однако окончательно это подтверждается графиками изменения оптической плотности щелочных растворов ГК (рис. 3).

Из данных, приведенных на графиках оптической плотности гуминовых кислот, становится очевидным, что ГК серых лесных почв более конденсированы (ароматизированы), чем ГК бурых лесных почв. Следовательно ГК бурых почв ближе по оптическим характеристикам к бурым гуминовым кислотам, а ГК серых почв ближе к черным гуминовым кислотам.

## ЗАПАСЫ ГУМУСА В ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ

Оценка запасов гумуса в лесных почвах Самарской Луки необходима в первую очередь для количественной характеристики свойств важнейшей экологической функции почв – депонированию углекислого газа в составе органического вещества и накопления его в устойчивой форме. На рис. 4 приведены данные о запасах гумуса в пределах профиля в органо-минеральных и минеральных горизонтах изученных почв. Заметно, что в различных вариантах рендзин (первые 4 столбца) запас гумуса может изменяться чуть ли не в два раза. Это зависит от экспозиции склона, типа растительного сообщества (сосняки или дубовое криволесье), а также от мощности мелкоземистой толщи. Среди буроземов запас гумуса наибольший в остаточно-карбонатном варианте. Дерново-подзолистые почвы по этому показателю сопоставимы с серыми и со средними данными по буроземам, но некоторые серые почвы (9 столбец) характеризуются очень низким запасом, что связано с формированием их на плотном глинистом делювии и неразвитостью профиля в глубину. Наибольшими запасами гумуса, как это и должно быть отличаются полнопрофильные темно-серые почвы, являющиеся типичными для лесостепных широколиственных лесов.

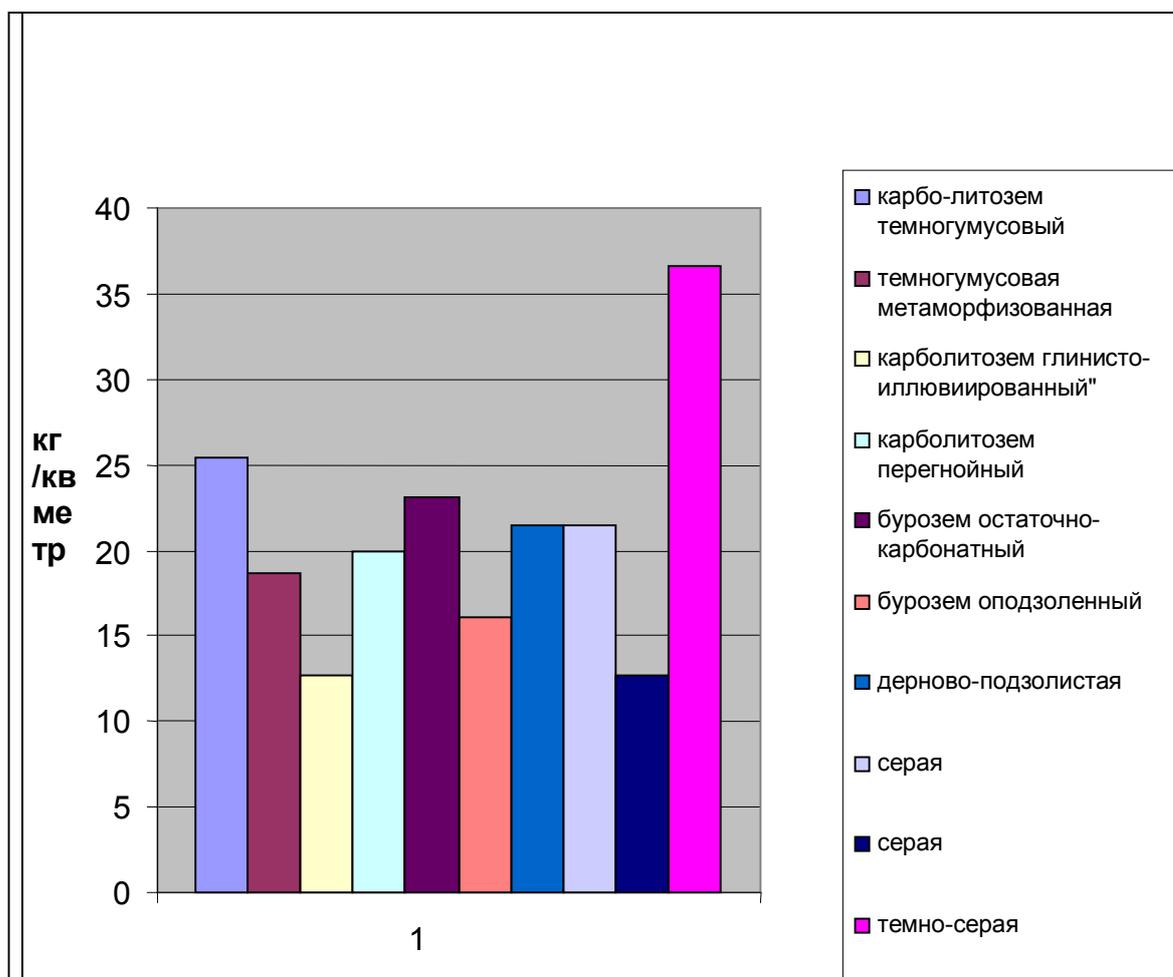


Рис. 4. Запасы углерода органических соединений в минеральном профиле лесных почв

В табл. 6 приведены данные о запасах углерода органических соединений в минеральном профиле почв Жигулевского заповедника. Для расчетов площади ареалов почв использовались картографические данные 1983084 гг. (Почвенная карта заповедника) и собственные данные о процентной доле основных типов почв в тополитокатенах заповедника. В первом приближении данные о площадях ареалов основных типов почв близка в обоих вариантах определения и приведены в табл. Далее, зная площадь ареала почв можно вычислять запас органического углерода во всем ареале и рассчитать процентную долю ареала той или иной почвы в общем запасе органического углерода на площади заповедника.

Полученные данные, несмотря на свою информативность и востребованность не совсем точны в том смысле, что для расчетов запасов принимались данные по 2-3 разрезам в каждом ареале, что конечно де слабо учитывает неоднородность пространственного распределения органического вещества. Кроме того, не для всех почв заповедника имеются данные о содержании органического углерода, более того, возникают проблем с оценкой площадей их ареалов. К таким почвам относятся стратоземы и аллювиальные почвы. Со стратоземами ущелий и долин возникают также проблемы классификационного плана в двух классификациях почв 1977 и 2004 гг. В общий запас также не включены черноземы на территории заповедника. Для всей территории Самарской Луки проведение аналогичного расчета невозможно, поскольку неизвестна даже приблизительная площадь отдельных типов почв и для многих из них отсутствуют аналитические данные.

Таблица 6

Запас углерода органических соединений в ареалах основных типов почв Жигулевского заповедника (ЖГЗ)

<i>Тип почв</i>	<i>Площадь ареала, га</i>	<i>Запас органического углерода на площади ареала, т</i>	<i>Доля ареала почвы в формировании запаса, %</i>	<i>Доля площади, занимаемая типом почвы, % от общей площади ЖГЗ</i>
Дерново-подзолистые	1501,5	322822	7,1	6,5
Буроземы	1155	207900	4,6	5
Карболитоземы	10857	2084544	46,0	47
Серые	2310	415800	9,2	10
темно-серые	4088,7	1496464	33,0	17,7
Итого	19912,2	4527531	100	86,21

<sup>1</sup> – остальная площадь приходится на черноземы, стратоземы, аллювиальные почвы, каменные осыпи и другие неучтенные компоненты почвенного покрова.

Перейдем к рассмотрению собственно самих результатов исследования. Доля ареала определенного типа почв в формировании общего запаса органического углерода тесно связана с площадью ареала этих почв. Но в случае темно-серых почв ощутимую роль в формировании их доли запаса играет также высокая гумусированность мелкозема. Из данных табл. 6. следует, что главными агентами формирования запасов органического углерода в педосфере Жигулевского заповедника являются карболитоземы в силу того, что они занимают максимальную площадь и темно-серые почвы в силу того, что они, будучи вторыми по распространенности почвами отличаются повышенной гумусированностью.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лесные почвы Самарской Луки, занимающие здесь значительные площади впервые были исследованы в плане выполнения ими важнейшей экологической функции – аккумуляции органического вещества и депонирования атмосферной углекислоты в составе гумуса, характеризующегося различным составом и свойствами. Показано, что разнообразие лесных почв Самарской Луки максимально по сравнению с равнинными районами Среднего Поволжья. Это обусловлено сложными и контрастными геогенными условиями – высоким разнообразием почвообразующих пород и неоднородностью экспозиционных и мезоклиматических условий рельефа.

Исследованные почвы: карболитоземы, бурые, серые и темно-серые, а также дерново-подзолистые существенно различаются по морфологии типов гумуса. Так карболитоземы и дерново-подзолистые почвы характеризуются модеровым типом гумуса подстилок, что свидетельствует о замедленных темпах гумификации органического вещества. Напротив, бурые, серые и темно-серые почвы характеризуются муллевым гумусом и в их подстилках сосредоточено несравненно меньшее количество органического углерода по сравнению с запасами в минеральном профиле. Показано, что интенсивность трансформации органического вещества подстилок во многом связана с мощностью мелкоземистой толщи в почве в горных условиях. Интенсивность гумификации органического вещества, выражающаяся в аналитическом показателе  $S_{гк}/S_{фк}$  очень сильно различается в изученных почвах, что свидетельствует о различной степени устойчивости гумуса. Так максимальное количество гуминовых кислот – наиболее термодинамически устойчивых компонентов органического вещества наблюдается в серых и темно-серых почвах, а также в некоторых вариантах карболитоземов. Установлено, что в контрастных природных условиях Самарской Луки возможно осуществление двух типов гумификации, таежно-лесного с образованием гуминовых кислот, близких к бурым ГК и степного-лесостепного с доминированием черных ГК в составе гумуса. Существенной долей фульвокислот характеризуются бурые и дерново-подзолистые почвы.

Оценка запасов гумуса в лесных почвах Самарской Луки показала, что все они являются важными с позиций депонирования углекислого газа и сохранения его в составе мелкозема. Наиболее эффективно эту функцию выполняют темно-серые почвы с силу значительности ареала и высоких запасов гумуса. Это логично для глубокогумусных почв. Но как оказалось важнейшим агентом депонирования атмосферной углекислоты являются также различные варианты рендзин или дерново-карбонатных почв, доминирующих в горной части Самарской Луки. Это связано не только с локальными накоплениями мощнейших подстилок под сосновыми лесами западных склонов гор, но и высокой гумусированностью минерального карбонатного мелкозема, залегающего нбольшим слоем на плотных известковых плитах карбона и перми. В связи с этим сохранение горных почв Жигулей становится еще более актуальным.

Комплексный анализ содержания, запасов и состава органического вещества лесных почв показал, что наиболее устойчивыми компонентами почвенного покрова в случае глобальных климатических изменений будут темно-серые почвы, наименее устойчивыми, по всей вероятности, дерново-подзолистые и бурые почвы, которые являются наиболее уязвимыми и сенсорными к изменениям внешней среды.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

**Абакумов Е.В.** и др. Эволюционно-генетические особенности почвообразования в горной части Жигулевского государственного заповедника // Известия Самарского НЦ РАН, 2004, вып. 3. С. 57-71. - **Абакумов Е.В., Попов А.И.** Определение в одной пробе углерода, азота и окисляемости, а также углерода карбонатов // Почвоведение. 2005. № 2. С. 187-195.

**Гагарина Э.И., Абакумов Е.В., Миронович А.С., Шелемина А.Н.** Почвы Жигулевского заповедника // Самарская Лука: Бюлл. 2003. № 13. С. 27-87.

**Добровольский Г.В., Никитин Е.Д.** Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы. М.: Наука. 2000, 185 с.

**Карпачевский Л.О.** Глубокогумусовые почвы и их роль в цикле углерода // Наземные экосистемы как резервуары углерода в позднем плейстоцене и голоцене. М. ИГ РАН. 2000. С.33-34. - **Классификация и диагностика почв России.** Смоленск: Ойкумена, 2004. - **Классификация и диагностика почв СССР.** М.: Колос, 1977. 223 с. - **Кудинов К.А.** Локальные особенности климата в районе Жигулевского заповедника по данным метеорологических наблюдений за 25 лет (1974 – 1988 гг.) // Самарская Лука. Бюл. 2001. № 11. С. 67-99.

**Малышева Е.Ф., Малышева В.Ф.** Влияние эдафических характеристик на трофический состав агарикоидных базидиомицетов в микоценозах Жигулей // Вестник СПбГУ, 2007, Вып. 2.

**Обедиентова Г.В.** Происхождение Жигулевской возвышенности и развитие рельефа // Тр. Ин-та географии АН СССР. Вып. 13. Мат. по геоморфологии и палеогеографии СССР. Вып. 8. М.: Изд-во АН СССР, 1953.

**Пономарева В.В.** Условия водно-минерального питания растений как главный фактор фитоценогенеза и почвообразования // Почвоведение. 1984. № 8. С. 29–38. - **Пономарева В.В., Плотникова Т.А.** Гумус и почвообразование. М-Л. Наука, 1980. 217 с. - **Почвенные планы** Рождественского и Шелехметского лесничеств Рождественского мехлесхоза, Александровского, Большерязанского, Сосново-Солонецкого лесничеств Жигулевского мехлесхоза Куйбышевской области, Почвенное устройство. ВОЛГОГИПРОЗЕМ Куйбышев 1983 г. - **Почвы Куйбышевской области.** Куйбышев, 1949. 370 с. - **Почвы Поволжья.** X Международный конгресс почвоведов. АН СССР. Институт агрохимии и почвоведения. Пушино-на-Оке. 1974. 1974. - **Прокофьева Т.С.** Экологические принципы биогеохимического анализа ландшафтов лесостепного и степного Поволжья. Автореф. дисс. докт. биол. наук. Тольятти. 2005. 36 с.

**Регуляторная роль** почвы в функционировании таежных экосистем/ Отв. Ред Г.В. Добровольский. М. Наука, 2002. 364 с. - **Ризположенский Р.О** поисках гудрона в юго-восточной части Самарской Луки // Тр. общ-ва Естествоиспытателей при Казанском ун-те. Т. 26. Вып 1. 1893. Казань.

**Соколов И.А.** Теоретические проблемы генетического почвоведения. Новосибирск.: Наука. 2003. - **Структурно-функциональная роль** почвы в биосфере/ Отв. ред. Г.В. Добровольский. - М.: ГЕОС, 1999. 278 с.

**Чертов О.Г.** Определение типов гумуса лесных почв. Л. ЛИНЛХ. 1974.