

УДК 631.417

DOI 10.37279/2413-1725-2021-7-3-112-126

ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ ОСТРОВНЫХ ЭКОСИСТЕМ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Кулагина В. И., Рязанов С. С., Шагидуллин Р. Р., Александрова А. Б.

*Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань, Россия
E-mail: viksoil@mail.ru*

Определены запасы органического углерода в почвах островов Казанского района переменного подпора Куйбышевского водохранилища в слое 0–20 см. При расчетах учитывалось суммарное содержание углерода в органоменных, органо-минеральных и минеральных горизонтах. Установлено, что самое высокое содержание углерода в слое 0–20 см наблюдается в профиле болотно-подзолистых почв – 51,7 т/га. Самое низкое содержание органического углерода отмечено в песчаных наносах – 3,8 т/га. Расчет общих запасов углерода в почвенных контурах проведен на основе полигональной векторной почвенной карты островов. Показано, что с учетом площадей, занимаемых почвами разных типов и подтипов на островах водохранилища, самый большой вклад в запасы органического углерода вносят аллювиальные лугово-болотные и дерново-подзолистые почвы. Общий запас органического углерода в слое 0–20 см на островах исследованного участка водохранилища составляет 49190,9 т.

Ключевые слова: почвы островов, декарбонизация, органический углерод, гумус, острова водохранилищ, органоменные горизонты.

ВВЕДЕНИЕ

Принятие в 2021 г. Федерального Закона «Об ограничении выбросов парниковых газов» [1] и предполагаемое введение в действие в ближайшие годы Европейским Союзом углеродного налога на импортные товары делают все более актуальной проблему учета объемов поглощения углерода на территории РФ.

В складывающейся ситуации желательно получить как можно более объективные данные о запасах углерода в различных экосистемах и компонентах экосистем, так как поглощение углерода рассчитывается по разнице между установленными запасами углерода через определенный промежуток времени. Согласно «Методическим указаниям по количественному определению объема поглощения парниковых газов» [2], утвержденных распоряжением Минприроды России от 30.06.2017 №20-р, повторное обследование проводится примерно через 5 лет. Для объективной картины необходимо учесть поглощение углерода разными экосистемами и их компонентами, каким бы незначительным на первый взгляд не казался их вклад в декарбонизацию, включая и те экосистемы, которые пока вообще не учитываются в расчетах.

Острова равнинных водохранилищ с их почвами, вряд ли кажутся

первоочередным объектом учета при декарбонизации, однако они имеют достаточно большую суммарную площадь [3–7]. Почвенный покров островов, находясь в транзитном ландшафте, претерпевает очень быстрые эволюционные изменения, связанные, в том числе, с накоплением органического углерода при усилении степени гидроморфизма [4, 5].

Целью работы было оценить запасы органического углерода в почвах островов Казанского района переменного подпора Куйбышевского водохранилища в слое 0–20 см, а также определить, почвы какого типа вносят наибольший вклад в депонирование углерода.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе проведена оценка запасов углерода в почвенном покрове островов, находящихся в акватории Казанского района переменного подпора Куйбышевского водохранилища (Республика Татарстан, Россия): от моста Зеленодольск – Нижние Вязовые (55°49'27.1"N; 48°31'05.6"E) до островов в районе с. Тетеево (55°24'11.8"N; 49°07'59.6"E) (рис. 1).

Уровень воды в данном районе водохранилища контролируется работой двух ГЭС Жигулёвской и Чебоксарской и характеризуется значительными годовыми колебаниями от 48,6 м до 53,5 м над уровнем моря при нормальном подпорном уровне (НПУ) в 53 м [8].

На исследованной территории расположено 158 островов и 5 полуостровов – бывших островов, соединённых насыпью с берегом (рис. 1). Суммарная площадь объектов при НПУ составляет 2669 га, из которых 73 острова имеют площадь менее 2 га, 51 остров – от 2 до 10 га, 31 остров от 10 до 100 га, и 8 островов имеют площадь более 100 га.

Обследование почвенного покрова островов проведено в 2018–2019 гг. Всего исследовано 45 островов и 2 полуострова пойменного генезиса и 20 островов террасового генезиса, заложено 97 почвенных разрезов (табл. 1).

Отбор образцов осуществлён по генетическим горизонтам почв согласно ГОСТ 17.4.3.01-83 [9]. Благодаря точной GPS-привязке точек обследования почвы островов Куйбышевского водохранилища становятся ценным объектом для учета изменений запасов органического углерода в будущем. В почвенных образцах определён гумус по Тюрину [10], в органогенных горизонтах определялась потеря при прокаливании [10]. Для полевой диагностики почв и создания почвенной карты применялась «Классификация и диагностика почв СССР» (1977) [11]. Состав почвенного покрова и почвенная карта представлены на рис. 1 и в табл. 1.

Почвенный покров островов водохранилища определяется их происхождением [3, 4, 12]. Острова, занятые аллювиальными почвами, преимущественно представлены наиболее высокими участками бывшей поймы р. Волга, оставшимися выше уровня НПУ после подъема уровня воды. Зональные типы почв встречаются на островах, являющихся незатопленными участками второй надпойменной террасы (рис. 1). Часть почв оказалась в зоне подтопления, что обусловило усиление гидроморфных процессов почвообразования и, как следствие, изменение их классификационной принадлежности [5]. Также на нескольких островах

встречаются антропогенно-преобразованные почвы и относительно свежие искусственные песчаные наносы, возраст которых составляет несколько лет.

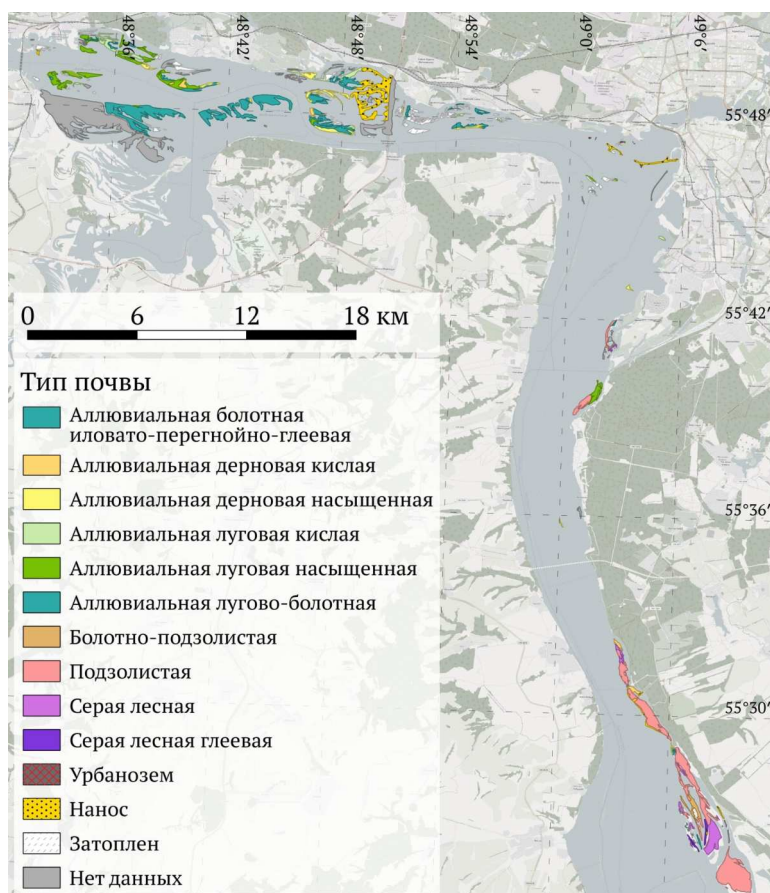


Рис. 1 Почвенная карта территории обследования.

Оценка запасов углерода в почвах островов проведена для верхнего слоя 0–20 см. На первом этапе расчет проводился отдельно для каждого генетического почвенного горизонта в пределах двадцатисантиметровой толщи. Расчет проводился по формуле:

$$C_{pool} = h * C * d \quad (1)$$

где: C_{pool} – запасы углерода, т/га; h – мощность горизонта в пределах 20 см толщи, см; C – содержание углерода в горизонте, %; d – объёмная масса, г/см³.

Далее запасы углерода в отдельных горизонтах суммировались для оценки средних запасов в профиле почв данного типа.

Кроме того, сделана попытка оценить вклад минеральных и органоминеральных (органоминеральных) горизонтов в содержание углерода в профиле почв, для чего запасы углерода в них рассчитаны отдельно. К органоминеральным и органоминеральным горизонтам были отнесены лесная подстилка, дернина, торфяной и подстильно-торфяной горизонты.

Таблица 1

Состав почвенного покрова исследованных островов

Тип почвы	Подтипы	Площадь, га
Аллювиальная дерновая кислая	оподзоленная, слоистая примитивная, собственно аллювиальная дерновая кислая	50,1
Аллювиальная дерновая насыщенная	слоистая примитивная, слоистая	130,0
Аллювиальная луговая кислая	слоистая	109,8
Аллювиальная луговая насыщенная	слоистая примитивная, слоистая, собственно аллювиальная луговая насыщенная	271,3
Аллювиальная лугово-болотная	собственно аллювиальная лугово-болотная	726,6
Аллювиальная болотная иловато-перегнойно-глеевая	аллювиальная болотная перегнойно-глеевая	5,7
Подзолистая	дерново-подзолистая	654,8
Болотно-подзолистая	дерново-подзолистая грунтово-оглеённая, дерново-подзолистая поверхностно оглеённая, торфянисто-подзолистая поверхностно оглеённая	42,4
Серая лесная	светло-серая лесная, серая лесная	131,5
Серая лесная глеевая	Серая лесная грунтово-глеевая	15,7
Урбанозем		3,3
Нанос песчаный искусственный		273,9

При обследовании почвенного покрова островов не проводилось измерение объёмной массы, поэтому расчёты запасов углерода основаны на ряде допущений, обоснованием которых служили литературные источники: объёмная масса для

гумусово-аккумулятивных горизонтов зональных почв принята равной $0,9 \text{ г/см}^3$ [13–15]; для лесной подстилки $0,1 \text{ г/см}^3$ [14, 16, 17], для торфяных и оторфованных гумусовых горизонтов – $0,15 \text{ г/см}^3$ [18]; для минеральных горизонтов лёгкого гранулометрического состава (песчаные и супесчаные) – $1,2 \text{ г/см}^3$ [17, 19,]; для всех остальных почвенных горизонтов – $1,0 \text{ г/см}^3$ [20].

Поскольку дернина является органо-минеральным горизонтом, то для нее запасы углерода рассчитаны как сумма минеральной и органической частей. В случае минеральной части средняя плотность принята равной $1,0 \text{ г/см}^3$ [21]; содержание гумуса, при отсутствии измерений, приравнялось к следующему по глубине горизонту. Запасы углерода в корневой массе дернины оценены по формуле:

$$C_{pool} = h * 100 * 0.012 * 0.4 \quad (2)$$

где: C_{pool} – запасы углерода, т/га; h – мощность горизонта в пределах 20 см толщи, см; 100 – коэффициент пересчета на объем горизонта на 1 га; 0.012 – сухая корневая масса, г/см^3 [22]; 0.4 – коэффициент пересчёта на углерод.

Расчёт общих запасов углерода в почвенных контурах проведен на основе полигональной векторной почвенной карты островов (рис. 1) по формуле:

$$C_{total} = C_{pool} * A \quad (3)$$

где C_{total} – валовые запасы углерода в почвенном контуре, т; C_{pool} – запасы углерода в слое 0–20 см для данной почвы, т/га; A – площадь почвенного контура, га.

При наличии в почвенном контуре точки обследования, физико-химические параметры точки присваивались всему контуру. При отсутствии в контуре точек обследования, значения для контура вычислялись путём пространственной интерполяции точек обследования той же типовой принадлежности методом обратновзвешанных расстояний (inverse distance weighted, IDW) с параметром степени $idp = 2$ [23].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Запасы углерода в профиле почв

Проведенные исследования позволили установить, что на островах Куйбышевского водохранилища запасы органического углерода в слое 0–20 см в почвах разных типов отличались в несколько раз, а между почвами и образованиями, характеризующимися как наносы – на порядок (табл. 2).

Искусственно намывые песчаные наносы занимали значительные площади на нескольких островах и полуостровах водохранилища, например, около г. Казань и в районе п. Займище. Сформированных генетических горизонтов на момент обследования наносы не имели, хотя растительность уже распространялась на этих территориях, содержание аллохтонного гумуса составляло в среднем около 0,2 %. Запас углерода в двадцатисантиметровой толще наносов в 3 раза меньше, чем в самых бедных аллювиальных дерновых насыщенных почвах (табл. 2).

ОЦЕНКА ЗАПАСОВ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ПОЧВЕННОМ ...

Самые большие запасы органического углерода в слое 0–20 см обнаружены в болотно-подзолистых почвах (табл. 2). Строки в таблице отсортированы по средним суммарным значениям запасов углерода в толще 0–20 см.

Таблица 2

Запасы углерода в почвах островов в слое 0–20 см

Почва	Запасы углерода в органогенных и органо-минеральных горизонтах			Запасы углерода в минеральных горизонтах			Запасы углерода во всех горизонтах в слое 0–20 см		
	Mean, т/га	Range, т/га	V*, %	Mean, т/га	Range, т/га	V, %	Mean, т/га	Range, т/га	V, %
Нанос	2,4	0,5 – 3,6	67,6	2,3	1,3 – 3,8	48,8	3,8	1,3 – 5,7	42,6
Адн**	3,3	0,5 – 8,1	73,5	8,7	0 – 35,7	114,7	12,0	2,4 – 39,5	87,1
Адк	2,9	0,5 – 4,5	58,8	9,6	1,3 – 28,7	133,9	12,5	1,8 – 31,7	105,9
Урбано-зем	14,9	2,1 – 29,3	91,8	4,6	0 – 9,1	141,4	20,3	11,2 – 29,3	63,1
Л1	4,0	3,0 – 5,3	28,5	16,9	10,3 – 24,5	42,4	20,9	13,4 – 28,2	35,6
Алб	3,4	0,8 – 7,8	58,8	19,5	3,6 – 49,5	61,2	22,5	6,3 – 52,5	52,8
Аб	24,0	24,0 – 24,0	–	–	–	–	24,0	24,0 – 24,0	–
ЛГ	8,6	8,1 – 9,1	7,8	16,3	12,7 – 19,8	30,9	24,9	20,9 – 28,9	22,9
Алк	4,2	1,4 – 6,6	47,2	20,8	5,0 – 44,9	53,7	25,1	11,1 – 51,5	45,3
Алн	3,3	1,1 – 6,1	50,2	22,5	1,9 – 76,8	93,2	25,3	2,9 – 79,8	85,8
Пд	6,9	2,1 – 18,2	58,0	22,1	1,7 – 58,7	72,8	28,5	1,7 – 70,9	64,3
Л2	4,7	4,0 – 5,4	22,3	24,4	16,4 – 32,4	46,3	29,1	21,9 – 36,4	35,2
БП	22,1	14,4 – 29,6	28,3	29,6	10,1 – 74,2	64,6	51,7	29,3 – 97,0	47,4

Примечание: * V, % – коэффициент вариации;

**Почвы: Адн – аллювиальная дерновая насыщенная, Адк – аллювиальная дерновая кислая, Алн – аллювиальная луговая насыщенная, Алк – аллювиальная луговая кислая, Аб – аллювиальная болотная, Алб – аллювиальная лугово-болотная, Л1 – светло-серая лесная, Л2 – серая лесная, Пд – дерново-подзолистая, БП – болотно-подзолистая, ЛГ – серая лесная глеевая.

Значительный вклад в запасы углерода болотно-подзолистых почв островов вносят поверхностные органогенные горизонты, которые могут отличаться в зависимости от места закладки разреза: подстильно-торфяной или плотная войлочная дернина. Мощность этих горизонтов не так велика, как обычно отмечается для болотно-подзолистых почв [24].

Однако болотно-подзолистые почвы островов отличаются своеобразным генезисом. Они эволюционировали из дерново-подзолистых почв второй надпойменной террасы после заполнения чаши водохранилища водой в 1957 г., что привело к созданию на отдельных участках островов полугидроморфных условий для ранее автоморфных почв [3, 5]. В настоящее время болотно-подзолистые почвы островов продолжают эволюционировать в сторону увеличения мощности верхних органогенных горизонтов и содержания гумуса в минеральных горизонтах. Запас углерода в слое 0–20 см болотно-подзолистых почв почти в два раза выше, чем в таком же слое дерново-подзолистых почв островов (табл. 2). Запасы гумуса в дерново-подзолистых почвах островов в целом соответствовали литературным данным для почв Республики Татарстан [25, 26]. Дерново-подзолистые почвы на островах водохранилища занимали более высокие и лучше дренированные участки, и на момент обследования продолжали функционировать, как автоморфные почвы. Таким образом, запас углерода при переходе от дерново-подзолистых к болотно-подзолистым почвам возрастал по градиенту увлажнения, что согласуется с данными Минаевой Т. Ю. с соавторами [24].

Взаимосвязь запасов углерода с условиями увлажнения наблюдалась и для светло-серых лесных и серых лесных глеевых почв островов (табл. 2). Причем в этом случае верхние органогенные горизонты внесли основной вклад в увеличение запасов углерода в полугидроморфных почвах. Однако абсолютные значения запасов углерода в светло-серых и серых лесных почвах островов ниже, чем приведено в ранее опубликованных исследованиях для почв данного региона примерно в два раза [25, 26]. По-видимому, это объясняется более легким, чем в целом по республике, гранулометрическим составом большинства серых лесных почв островов Куйбышевского водохранилища, образованных на древнеаллювиальных отложениях второй надпойменной террасы р. Волга [5].

Острова водохранилища, расположенные выше г. Казань по течению, являются незатопленными фрагментами поймы р. Волга и заняты аллювиальными почвами. Сразу после создания водохранилища почвенный покров этих островов был представлен преимущественно аллювиальными дерновыми почвами, поскольку аллювиальные болотные и большая часть луговых почв прежней поймы оказались затопленными. За 61–62 года существования водохранилища часть почв пойменных островов под влиянием подтопления приобрела признаки, позволяющие диагностировать их как аллювиальные луговые, лугово-болотные и даже аллювиальные болотные [4, 5]. Согласно проведенным расчетам, запасы углерода в слое 0–20 см возрастают со степенью увлажнения в ряду: аллювиальные дерновые < аллювиальные лугово-болотные < аллювиальные болотные почвы (табл. 2, рис. 2). Несколько выбиваются из этого ряда аллювиальные луговые почвы – в них

содержание углерода выше, чем в остальных аллювиальных почвах, возможно, потому, что часть из них все же могла сохраниться от прежней поймы.

Эволюционные процессы в аллювиальных лугово-болотных, луговых и болотных почвах островов еще не завершены. Если признаки оглеения уже проявились достаточно четко, то процессы накопления органического вещества в профиле почв продолжают и не достигли величин, характерных для почв обычных пойм [25–27]. Тем не менее, запасы органического углерода в аллювиальных лугово-болотных и аллювиальных болотных почвах островов все же вдвое выше, чем в аллювиальных дерновых. Причем, если в аллювиальных лугово-болотных почвах основной вклад в запасы органического углерода вносит содержание гумуса в минеральных горизонтах, то в болотной почве запасы углерода находились в торфяном горизонте (табл. 2).

Несколько отличались от остальных почв островов урбаноземы, как по генезису, так и по запасам гумуса. Урбаноземы, обнаруженные на нескольких небольших островах близ г. Казань, содержали в профиле строительный мусор и карбонатную щебенку. Мощность гумусового горизонта, как правило, невелика, но эти почвы имели хорошо развитую дернину и высокое содержание детрита.

Валовые запасы углерода в почвенном покрове островов

Проведенные исследования показали, что самый значительный вклад в общие запасы органического углерода внесли аллювиальные лугово-болотные почвы, которые по содержанию углерода в профиле находились только в середине списка, но зато занимали самые большие площади на островах изученного района водохранилища (табл. 3, рис. 2).

Болотно-подзолистые почвы, наоборот, несмотря на высокое содержание углерода в двадцатисантиметровой толще, с учетом площади депонировали в 14 раз меньше углерода, чем аллювиальные лугово-болотные, и в пять раз меньше, чем дерново-подзолистые. Дерново-подзолистые почвы на островах водохранилища занимали второе место и по площади, и по доле в общих запасах углерода (рис. 2). Однако, если рассматривать аллювиальные луговые насыщенные и аллювиальные луговые кислые почвы не по отдельности, а вместе, они оттеснят дерново-подзолистые почвы на третье место (табл. 3).

Площадь урбаноземов и аллювиальных болотных почв на островах водохранилища невелика, поэтому валовые запасы углерода в них ниже, чем в остальных почвах.

Довольно интересным моментом является то, что на островах пойменного происхождения большой вклад в общие запасы гумуса вносили почвы с выраженными признаками гидроморфизма в профиле – аллювиальные лугово-болотные, аллювиальные луговые. На островах террасового происхождения основная масса углерода сосредоточена в автоморфных почвах. Возможной причиной являются особенности рельефа островов разного происхождения.

Общий запас органического углерода в поверхностной двадцатисантиметровой толще почвенного покрова островов приведен в табл. 3. Около 83 % общего запаса

органического углерода на островах находился в составе гумуса минеральных горизонтов и только 17 % в составе органогенных и органо-минеральных горизонтов.

Таблица 3

Запасы углерода с учетом площади почв, т

Почва	Запасы углерода в органогенных и органо-минеральных горизонтах	Запасы углерода в минеральных горизонтах	Запасы углерода во всех горизонтах в слое 0–20 см
Аллювиальная болотная	137,2	0,0	137,2
Аллювиальная дерновая кислая	180,5	381,7	562,2
Аллювиальная дерновая насыщенная	332,6	993,3	1325,8
Аллювиальная луговая кислая	312,8	2287,1	2599,9
Аллювиальная луговая насыщенная	695,6	5946,8	6642,4
Аллювиальная лугово-болотная	2186,0	20939,9	23125,9
Болотно-подзолистая	1119,1	625,9	1745,0
Нанос	434,3	428,1	862,4
Подзолистая (дерново-подзолистая)	2066,6	6890,9	8957,5
Серая лесная	698,1	2115,9	2814,0
Серая лесная глеевая	132,6	236,0	368,6
Урбанозем	45,0	14,0	50,1
Сумма	8350,3	40859,5	49190,9

Пытаясь сопоставить запасы углерода в почвенном покрове островов с запасами в почвах других ландшафтов, мы рассчитали вероятный размах запасов органического углерода в дерново-подзолистых почвах такой же площади с учетом средних данных по Республике Татарстан [26] – он составил бы 53134–137666 т, а запас углерода в типичных болотно-подзолистых с учетом данных Минаевой Т. Ю. [24] – 1243828 т. Таким образом, запас органического углерода в почвах остров сравнительно невелик.

Несмотря на сравнительно небольшие запасы углерода в настоящем, почвенный покров островов водохранилища является весьма перспективным резервуаром для

депонирования органического углерода. Возможная углеродная емкость большинства почв не заполнена даже до средних величин. Наиболее значительный прирост запасов органического углерода следует ожидать в почвах, оказавшихся в условиях среднего и сильного подтопления и еще находящихся в процессе эволюционных изменений. Прирост запасов органического углерода возможен во всех формах, но наиболее быстрый связан с образованием и увеличением органогенных горизонтов.

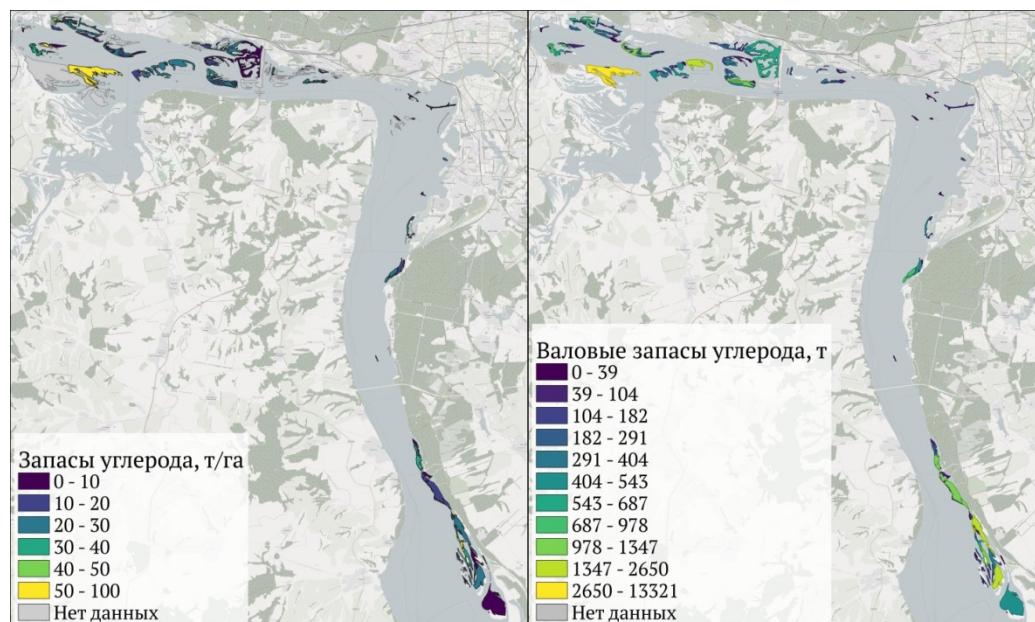


Рис. 2. Запасы углерода в почвах островов.

Если вычислить скорость накопления углерода в болотно-подзолистых, серых лесных глеевых, аллювиальных луговых и аллювиальных лугово-болотных почвах в настоящее время можно лишь косвенными способами, то накопление органогенного горизонта в аллювиальной болотной почве, без сомнений, произошло после создания водохранилища.

Скорость накопления органического углерода в аллювиальной болотной почве составила 24 т/га за 61 год существования водохранилища, то есть примерно по 390 кг углерода на 1 га каждый год, что вполне сопоставимо со скоростью накопления углерода в болотных почвах Тверской области [24].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведена оценка запасов углерода в почвах островов Казанского района переменного подпора в слое 0–20 см. Самое высокое содержание углерода наблюдалось в профиле болотно-подзолистых почв – 51,7 т/га, из них 22,1 т/га (43 %) находилось в составе органогенных горизонтов. Запасы углерода в

двадцатисантиметровой толще дерново-подзолистых, серых лесных и аллювиальных луговых почв островов примерно вдвое меньше, чем болотно-подзолистых. Запасы углерода в профиле остальных почв еще меньше. Однако даже самые бедные аллювиальные дерновые почвы содержат в 3 раза больше органического углерода, чем песчаные наносы (12,0 т/га и 3,8 т/га соответственно).

Запасы углерода в профиле почв и доля углерода органогенных горизонтов возрастают по мере усиления гидроморфизма в рядах: 1) дерново-подзолистые почвы < болотно-подзолистые; 2) светло-серые лесные < серые лесные глеевые; 3) аллювиальные дерновые < аллювиальные лугово-болотные < аллювиальные болотные почвы.

Рассчитаны общие запасы органического углерода в почвах островов с учетом площадей, занимаемых отдельными почвами. Общий запас органического углерода в слое 0–20 см на островах исследованного участка водохранилища составляет 49190,9 т. Показано, что самый большой вклад в запасы органического углерода вносят аллювиальные лугово-болотные и дерново-подзолистые почвы.

Обоснованные данные по скорости накопления органического углерода получены только для аллювиальных болотных почв, органогенный горизонт которых сформировался уже после создания водохранилища – 390 кг/га в год.

Почвы, находящиеся в условиях подтопления, являются наиболее перспективными резервуарами для депонирования органического углерода из парниковых газов.

Благодаря проведенным исследованиям с использованием точной GPS-привязки почвенных разрезов почвы островов становятся очень ценным объектом для наблюдения за скоростью накопления органического углерода, объемом поглощения парниковых газов и увеличения запасов органического углерода.

Список литературы

1. Федеральный Закон «Об ограничении выбросов парниковых газов» № 296-ФЗ от 02. 07. 2021.
2. Методические указания по количественному определению объема поглощения парниковых газов Утверждены распоряжением Минприроды России от 30. 06. 2017 N 20-р.
3. Экологические системы островов Куйбышевского водохранилища. Казанский район переменного подпора. – Казань: Издательство «Фэн», 2002. – 360 с.
4. Кулагина В. И. Эволюция почв пойменных островов Куйбышевского водохранилища / В. И. Кулагина, С. С. Рязанов, А. Б. Александрова, Л. М. Сунгатуллина, А. М. Хисамова, Э. Х. Рупова // Геология, география и глобальная энергия. – 2019. – Т. 3, № 74. – С. 67–76.
5. Кулагина В. И. Почвы террасовых островов равнинных водохранилищ / В. И. Кулагина, С. С. Рязанов, А. Б. Александрова, Л. М. Сунгатуллина, Р. Р. Шагидуллин // Геология, география и глобальная энергия. – 2020. – № 3 (78). – С. 54–63.
6. Айсина Н. Р. Аллювиальные почвы Самарской Луки – эталон пойменного почвообразования в Среднем Поволжье / Н. Р. Айсина, Е. В. Абакумов // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2009. – Т. 18, №3. – С. 98–103.
7. Проказов М. Ю. Анализ ландшафтной дифференциации и проблем рационального природопользования на островах северной части Волгоградского водохранилища / М. Ю. Проказов. // Известия Саратовского университета. Серия Науки о Земле. – 2011. – Т. 11, Вып. 1. – С. 3–12.
8. Изменения уровней водохранилищ ГЭС РусГидро [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <http://www.rushydro.ru/hydrology/informer/>, свободный.

9. ГОСТ 17.4.3.01-83 Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб.
10. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества.
11. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос, 1977. – 224 с.
12. Рязанов С. С. Ландшафтные особенности развития почвенного покрова пойменных островов Куйбышевского водохранилища / С. С. Рязанов, В. И. Кулагина, Д. В. Иванов, А. Б. Александрова // *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. – 2019. – Т. 4, № 2. – DOI: 10.21685/2500-0578-2019-2-2.
13. Верин А. Ю. Экологическое состояние почвы в системе «почва – лесные насаждения» / А. Ю. Верин, И. Ф. Медведев // *Известия Саратовского университета Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология*. – 2020. – Т. 20, вып. 2. – С. 226–231. DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-2-226-231>.
14. Газизуллин А. Х. Почвенно-экологические условия формирования лесов Среднего Поволжья. Т.1. Почвы лесов Среднего Поволжья, их генезис, систематика и лесорастительные свойства / А. Х. Газизуллин – Казань: РИЦ «Школа», 2005. – 496 с.
15. Мосина Л. В. Изменение плотности почвы в лесных экосистемах под воздействием рекреационных нагрузок / Л. В. Мосина // *Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки*. – 2012. – № 3. – С. 122–127.
16. Волков А. Г. Лесная подстилка в парцеллах ельников северной подзоны тайги / А. Г. Волков // *Лесной журнал*. – 2015. – №2. – С. 63–69.
17. Ильинцев А. С. Динамика физических свойств подзолистой почвы на вырубках при естественном зарастании / А. С. Ильинцев, А. П. Богданов, Ю. С. Быков // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. – 2019. – № 5 (371). – С. 70–82. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.5.70.
18. Моторин А. С. Воднофизические свойства торфяных маломощных почв Северного Зауралья / А. С. Моторин // *Аграрный вестник Урала*. – 2016. – № 9 (151). – С. 37–41.
19. Каргин В. И. Физические и агрохимические свойства аллювиальных почв под многолетними травами и картофелем / В. И. Каргин, Н. Н. Иванова, А. В. Сальникова // *Аграрный научный журнал*. – 2019. – № 1. – С. 9–15. DOI: 10.28983/asj.v0i1.689.
20. Демаков Ю. П. Вариабельность плотности сложения почв в лесных биогеоценозах Среднего Поволжья / Ю. П. Демаков, А. В. Исаев, Н. Б. Нуреев // *Научные труды Государственного природного заповедника «Большая Кокшага»*. – 2017. – № 8. – С. 44–55.
21. Асямов В. С. Многолетние травы для создания газонов в условиях Западной Сибири / В. С. Асямов, А. Ф. Степанов, Н. А. Бондаренко // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. – 2016. – № 2 (22). – С. 66–71.
22. Куркин К. А. Дернообразующие виды луговых трав, динамика дернины, ее влияние на увлажнение и аэрацию почвы (в связи с теорией дернового процесса) / К. А. Куркин // *Ботанический журнал*. – 2009. – Т. 84, №11. – С. 1614–1624.
23. McBratney A. B. On digital soil mapping / McBratney A. B., Mendonça Santos M. L., Minasny B. // *Geoderma*. – 2003. – Vol. 117. – No. 1-2. – P. 3–52. – DOI: 10.1016/S0016-7061(03)00223-4.
24. Минаева Т. Ю. Накопление углерода в почвах лесных и болотных экосистем Южного Валдая в голоцене / Т. Ю. Минаева, С. Я. Трофимов, О. А. Чичагова, Е. И. Дорофеева, А. А. Сирин, И. В. Глушков, Н. Д. Михайлов, Б. Кромер // *Известия Российской академии наук. Серия биологическая*. – 2008. – № 5. – С. 607–616.
25. Винокуров М. А. Гумус почв Волжско-Камской лесостепи и его роль в плодородии / М. А. Винокуров, А. В. Колоскова, Г. И. Сперанская, К. Ш. Шакиров. – Казань: Изд-во Казанского университета, 1972. – 132 с.
26. Александрова А. Б. Динамика содержания гумуса и его запасов в почвах Республики Татарстан / А. Б. Александрова, Д. В. Иванов, В. В. Маланин, Р. Р. Хасанов, А. А. Марасов, Э. Е. Паймикина, Э. Х. Рупова // *Российский журнал прикладной экологии*. – 2015. – №3. – С. 13–17.
27. Фаткуллин А. Ш. Почвы пойм малых рек Татарии / А. Ш. Фаткуллин – Казань: Изд-во Казанского университета, 1968. – 303 с.

ESTIMATION OF ORGANIC CARBON STOCKS IN THE SOIL COVER OF ISLAND ECOSYSTEMS OF THE KUIBYSHEVSK WATER RESERVOIR

Kulagina V. I., Ryazanov S. S., Shagidullin R. R., Alexandrova A. B.

*Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia
E-mail: viksoil@mail.ru*

Assessment of organic carbon stocks in soils and other components of ecosystems are becoming increasingly important as a necessary reference point for a reliable determination of the amount of greenhouse gas removals at country scale. The gradual tightening of carbon balance requirements dictates the urgency of the problem under consideration.

The aim of the work was to assess the stocks of organic carbon in the soils of the islands of the Kazan region of the variable backwater of the Kuibyshev reservoir in the 0–20 cm layer, and also to determine which type of soils makes the greatest contribution to the sequestration of carbon.

The reserves of organic carbon in the soils of the islands of the Kuibyshev water reservoir were determined in the area from the Zelenodolsk – Nizhnie Vyazovye bridge (55°49'27.1 "N; 48°31'05.6"E) to the islands in front of the Teteyevo village (55°24'11.8 "N; 49°07'59.6" E). Surveys of the islands' soil cover and selection of the soil samples were carried out in 2018-2019. The calculation of the organic carbon content was carried out for the 0–20 cm layer. The calculations took into account the total carbon content in the organogenic, organic-mineral and mineral horizons. It was found that the highest carbon content in the upper soil layer was observed in the profile of marsh-podzolic soils – 51.7 t / ha. The lowest organic carbon content was noted in sod-alluvial soils (12.0 t / ha) and artificial sandy deposits (3.8 t / ha).

Carbon stocks in soil profiles and proportion of carbon in organogenic horizons increased with increasing of hydromorphic properties in the following row: 1) sod-podzolic soil < marsh-podzolic soil; 2) light gray forest soil < gray forest gley soil; 3) sod-alluvial soil < alluvial meadow-marsh soil < marsh-alluvial soil.

The total reserves of organic carbon in the islands' soils were calculated taking into account the areas occupied by individual soil contours. The total stock of organic carbon in the 0–20 cm layer of the studied area of the water reservoir was 49,190.9 tons. About 83 % of the total stock of organic carbon stored in the form of humus of accumulative mineral horizons and only 17 % in the organogenic and organic-mineral horizons. It was shown that alluvial meadow-marsh (23,125.9 t) and sod-podzolic soils (8,957.5 t), occupying the largest areas on the territory of the islands, make the largest contribution to the organic carbon reserves. An interesting point is that on the islands of floodplain origin, a greater contribution to the total humus reserves was made by soils with pronounced hydromorphic properties – alluvial meadow-marsh soils and alluvial meadow soils. On the islands of terrace origin, the bulk of carbon was concentrated in automorphic soils. A possible reason is the features of the islands' relief of different origins.

Reasonable data on the rate of organic carbon accumulation were obtained only for alluvial marsh soils, the organogenic horizon of which was formed after the creation of the reservoir – 390 kg / ha annually.

Flooded soils are the most promising reservoirs for organic carbon deposition from greenhouse gases.

Thanks to the research carried out using accurate GPS referencing of soil profiles, the islands' soils are becoming a very valuable object for monitoring the rate of organic carbon accumulation, the volume of absorption of greenhouse gases and the increase in total organic carbon stocks.

Keywords: island soils, decarbonization, organic carbon, humus, reservoir islands, organogenic horizons.

References

1. Federal Law "On limiting greenhouse gas emissions" No. 296-FZ dated 02.07.2021.
2. Guidelines for quantifying the volume of absorption of greenhouse gases. Approved by the order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated June 30, 2017 N 20-p.
3. *Ecological systems of the islands of the Kuibyshev reservoir. Kazan region of variable backwater*. 360. (Publishing house "Fen", Kazan, 2002).
4. Kulagina V. I., Ryazanov S. S., Alexandrova A. B., Sungatullina L. M., Khisamova A. M., Rupova E. H. Evolution of soils of the floodplain islands of the Kuibyshev reservoir. *Geology, Geography and Global Energy*. **3(74)**. 67 (2019).
5. Kulagina V. I., Ryazanov S. S., Aleksandrova A. B., Sungatullina L. M., Shagidullin R. R. Soils of terraced islands of plain reservoirs. *Geology, Geography and Global Energy*. **3 (78)**. 54 (2020).
6. Aisina N. R., Abakumov E. V. Alluvial soils of Samara Luka - the standard of floodplain soil formation in the Middle Volga region. *Samarskaya Luka: problems of regional and global ecology*, **18, 3**, 98. (2009).
7. Prokazov M. Yu. Analysis of landscape differentiation and problems of rational nature management on the islands of the northern part of the Volgograd reservoir, *Bulletin of the Saratov University. Earth Science Series*, **11, 1**, 3 (2011).
8. Changes in the levels of reservoirs of HPPs RusHydro [Electronic resource]. Access mode: <http://www.rushydro.ru/hydrology/informer/>, free (2021).
9. GOST 17.4.3.01-83 Nature protection. Soils. General requirements for sampling.
10. GOST 26213-91 Soils. Methods for the determination of organic matter.
11. *Classification and diagnostics of soils in the USSR*. 224. (Kolos, Moscow, 1977).
12. Ryazanov S. S., Kulagina V. I., Ivanov D. V., Alexandrova A. B. Landscape features of the development of the soil cover of the floodplain islands of the Kuibyshev reservoir. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*, **4, 2**, 20 (2019). DOI: 10.21685 / 2500-0578-2019-2-2.
13. Verin A. Yu., Medvedev I. F. Ecological condition of soil in the system "soil - forest plantations". *Bulletin of the Saratov University New series. Chemistry series. Biology. Ecology*, **20, 2**, 226 (2020) DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-2-226-231>.
14. Gazizullin A. Kh. *Soil and ecological conditions for the formation of forests in the Middle Volga region. Vol. 1. Soils of the forests of the Middle Volga region, their genesis, taxonomy and forest growth properties*. 496 (RIC "School", Kazan, 2005).
15. Mosina L. V. Changes in soil density in forest ecosystems under the influence of recreational loads. *Scientific Notes of the Oryol State University. Series: Natural, technical and medical sciences*, **3**, 122 (2012).
16. Volkov A. G. Forest litter in the parcels of spruce forests in the northern subzone of the taiga. *Forest Journal*, **2**, 63 (2015).
17. Ilyintsev A. S., Bogdanov A. P., Bykov Yu. S. Dynamics of physical properties of podzolic soil in felling areas with natural overgrowth. *News of higher educational institutions. Forest Journal*, **5 (371)**, 70 (2019). DOI: 10.17238 / issn0536-1036.2019.5.70.

18. Motorin A. S. Water-physical properties of shallow peat soils in the Northern Trans-Urals. *Agrarian Bulletin of the Urals*, **9** (151), 37 (2016).
19. Kargin V. I., Ivanova N. N., Salnikova A. V. Physical and agrochemical properties of alluvial soils under perennial grasses and potatoes. *Agricultural scientific journal*, **1**, 9 (2019) DOI: 10.28983 / asj.v0i1.689.
20. Demakov Yu. P., Isaev A. V., Nureyev N. B. Variability of soil composition density in forest biogeocenoses of the Middle Volga region. *Scientific works of the State Nature Reserve "Bolshaya Kokshaga"*, **8**, 44 (2017).
21. Asyamov V. S., Stepanov A. F., Bondarenko N. A. Perennial grasses for creating lawns in Western Siberia. *Bulletin of the Omsk State Agrarian University*, **2** (22), 66 (2016).
22. Kurkin K. A. Sod-forming species of meadow grasses, sod dynamics, its influence on soil moisture and aeration (in connection with the theory of sod process). *Botanical Journal*, **84**, **11**, 1614 (2009).
23. McBratney A. B., Mendonça Santos M. L., Minasny B. On digital soil mapping. *Geoderma*, **117**, **1-2**, 3 (2003) DOI: 10.1016/S0016-7061(03)00223-4.
24. Minaeva T. Yu., Trofimov S. Ya., Chichagova O. A., Dorofeeva E. I., Sirin A. A., Glushkov I. V., Mikhailov N. D., Cromer B. Carbon Accumulation in Soils of Forest and Bog Ecosystems of South Valdai in the Holocene. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Biological series*, **5**, 607 (2008).
25. Vinokurov M. A., Koloskova A. V., Speranskaya G. I., Shakirov K. Sh. *Humus of soils of the Volga-Kama forest-steppe and its role in fertility*. 132 (Kazan University Publishing House, Kazan, 1972).
26. Alexandrova A. B., Ivanov D. V., Malanin V. V., Khasanov R. R., Marasov A. A., Paimikina E. E., Rupova E. H. Dynamics of the content of humus and its reserves in the soils of the Republic of Tatarstan. *Russian Journal of Applied Ecology*, **3**, 13 (2015).
27. Fatkullin A. Sh. *Soils of floodplains of small rivers of Tataria*, 303 (Kazan University Publishing House, Kazan, 1968).