

ОЦЕНКА ВКЛАДА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ФОРМИРОВАНИЕ ВОДОУСТОЙЧИВОСТИ АГРЕГАТОВ И ЭРОЗИОННОЙ ВОДОПРОЧНОСТИ ПОЧВ*

В широко используемых эрозионных моделях (USLE (RUSLE) и др.) фактор эродированности почв в числе нескольких показателей зависит от содержания органического вещества (ОВ) и водопрочных агрегатов размером $>0,25$ мм. Оба эти показателя имеют генетическую взаимообусловленность, что определило цель настоящей работы. Исследование агрегатов на макро- и микроуровнях проводили комплексом методов. Так как эрозионно опасные земли широко представлены на агроугодьях, то оценки противоэрозионной устойчивости пахотных почв наиболее актуальны. Однако такие объекты изучения, как целинные аналоги, которые выступают точкой отсчета, важны для понимания механизмов проявления физической деградации и оценки ее интегрального результата за весь период агрогенной трансформации почв. Серия из 13 целинных и 3 старозалежных почв степной зоны с содержанием ОВ $4,7 \pm 0,4$ ($2,3 \div 8,2$)% с последующим оценкой водостойчивости (W) по фракциям 1–2, 2–3, 3–5 и в пяти случаях 5–7 мм, показавшей в узком диапазоне (83–100%) среднее значение $93,3 \pm 1,4\%$, послужила информационной основой для получения уравнения связи: $W_{cp} = 77,85 \cdot OВ^{0,116}$ ($r = 0,58$). Согласно этому уравнению замедление эффективности клеящей способности гумусовых веществ наблюдается в ходе природного педогенеза при содержании ОВ $> 6\%$, что характерно и при отдельном рассмотрении связи в отношении W_{2-3} . Теснота связи содержания ОВ и водостойчивости усиливается по мере повышения диаметра агрегатов, но наиболее резко она проявляется при увеличении размерности от 2 до 3 мм. Постепенное вовлечение и закрепление механических элементов в микро-, а затем и макроструктуру осуществляется при формировании агрегатов не крупнее 5 мм. Не только количество, но и качество ОВ меняется в зависимости от размеров агрегатов, например, доля лабильного новообразованного ОВ повышается в более крупных макроагрегатах. В агрегатах от 2 до 3 мм нижний предел размерности – это граница, сопряженная с дифференциацией органического клеящего материала, которая отражается в различной роли отдельных компонентов ОВ в формировании агрегатов <2 мм и >2 мм. В целинных почвах большой вклад в водостойчивость агрегатов вносит биогенность структуры, определяемая по доле копролитов дождевых червей. Например, в абсолютно заповедной степи Аскания-Нова в горизонте А (9–28 см) доля копролитов в структурных отдельностях диаметром 2–5 мм составляет 44,6%, в том числе во фракции 2–3 мм – 51%, тогда как в этой фракции пахотной почвы эта доля не превышает 10–13%.

Агрегирующая эффективность ОВ (АЭ,%) характеризует долю ОВ почвы, приходящуюся на 1% величины водостойчивости агрегатов (в частности, W_{1-3}). Для оценки климатической обусловленности величины АЭ сравнили две выборки, характеризующие менее и более аридные районы, которые по величине климатических затрат энергии на педогенез отличаются на 150 МДж/м² в год. В более гумидной обстановке при росте содержания ОВ с 2 до 6% величина АЭ снижалась в 2,95 раза (с 43 до 15), а при более засушливых условиях при том же увеличении содержания ОВ величина АЭ уменьшалась в 2,48 раза (с 38 до 15). В формировании водопрочной структуры вклад ОВ имеет оптимум, т.е. с определенной границы содержания ОВ эффективность его клеящей способности снижается. Для указанных выше климатически отличающихся районов такой рубеж определяется величинами содержания ОВ 5 и 4% в направлении усиления аридизации.

В режимах целины и ренатурации степных почв средневзвешенный диаметр водостойчивых агрегатов (d) постепенно уменьшается по мере увеличения гумусированности почв: в целинных почвах при росте содержания ОВ с 2,5 до 5%, величина d уменьшается с 2,8 до 1,1 мм, в старозалежных почвах при росте содержания ОВ с 2,3 до 3,5%, величина d уменьшается с 1,6 до 0,8 мм. Недавние залежи занимают промежуточное положение по этим параметрам: при содержании ОВ $= 3,4 \pm 0,3\%$ средняя величина $d = 1,5$ мм, что подтверждает направленный механизм перегруппировки водостойчивой структуры в эволюционном тренде. Пахотные почвы в аналогичных биоклиматических условиях характеризуются средней величиной $d = 0,5 \pm 0,02$ мм при содержании ОВ $= 2,0 \pm 0,2\%$.

На микроагрегатном уровне связь с ОВ проявляется более определенно, чем на уровне макроагрегатов. Так, в целинных почвах при увеличении ОВ с 2,7 до 4,5%, величина K_A растет в 1,5 раза (с 25 до 38), а у старозалежных почв при увеличении содержания ОВ с 2,3 до 3,2%, величина K_A возрастает в 1,3 раза (с 29 до 34). Агрогенная трансформация почв (дегумусированность и физическая деградация) полностью разрушает влияние гумусированности на формирование баланса по содержанию микроагрегатов и ЭПЧ. Пахотные степные почвы при низком обогащении ОВ в $2,0 \pm 0,2$ ($1,1 \div 2,8$)% отличаются широким размахом показателя K_A ($27 \div 48$) при средней величине 41 ± 3 , а связь K_A с ОВ не выявляется. Величина расхода наносов в условиях

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-17-00169, <https://rscf.ru/project/23-17-00169/>

квазиустановившегося режима (R_0 , г/с·м) характеризуется сильной теснотой связи с коэффициентом микроагрегированности, рассчитанным по данным для слоя 0–10 см: $R_0 = -0,061 \cdot \ln(K_A) + 0,409$; $R^2 = 0,914$. Это показывает высокую детерминированность эрозионной водопрочности почв их генетическими особенностями, которые наиболее значимо выявляются на микроагрегатном уровне. Селективный характер эрозии проявляется в наибольшей доле в транспорте наносов частицы с гидравлической крупностью $< 0,01$ мм по причине их обогащения ОВ и меньшей плотности твердой фазы. Это отражается в часто регистрируемом обогащении гумусом педоседиментов, по сравнению с исходной почвой, которое по обобщенным данным характеризуется средней величиной коэффициента превышения 1,8.