УДК 631.414 DOI: 10.35735/9785605278788_80

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА БАССЕЙНА РЕКИ НЕСТЕРОВКИ (ПРИМОРСИЙ КРАЙ)

Голодная О. М., Жарикова Е. А.,
ФНЦ биоразнообразия Дальневосточного отделения РАН, Владивосток

Аннотация. Рассмотрены особенности почвообразования в долине реки Нестеровка. Определены основные физико-химические свойства почв и содержание в них тяжелых металлов. Большинство почв являются средними и тяжелыми суглинками, малогумусированы, имеют слабокислую и нейтральную среду и низкое содержание элементов питания. Длительное сельскохозяйственное использование почв снивелировало различие в их свойствах в пахотном горизонте. Выбросы автотранспорта служат главным источником загрязнения почв Co, Cu, Cr, Ni в почвах равнинного участка с высокой концентрацией большегрузного транспорта, работающего на холостом ходу. Существуют существенные различия при определении степени загрязнения почв тяжелыми металлами с использованием различных геохимических индексов.

Ключевые слова: *физико-химические свойства почв, тяжелые металлы, экологический риск, индексы загрязнения*

CURRENT STATE OF THE SOIL COVER IN THE NESTEROVKA RIVER BASIN (PRIMORSKY KRAI)

Golodnaya O. M., Zharikova E. A.,
Federal Scientific Center of the East Asia terrestrial biodiversity FEB RAS, Vladivostok

Abstract. Peculiarities of soil formation in the Nesterovka river valley are considered. The main physicochemical properties of soils and the content of heavy metals were determined. Most soils are medium and heavy loams, low in humus, have a slightly acidic and neutral environment and a low content of nutrients. Long-term agricultural use of soils has reduced the difference in their properties in the arable horizon. Motor transport emissions are the main source of soil contamination with Co, Cu, Cr, Ni in soils of the plain area with high concentration of heavy-duty transport operating at idling speed. There are significant differences in determining the degree of soil contamination by heavy metals using different geochemical indices.

Keyworlds: *physical and chemical soil characteristics*, *heavy metals, environmental risk, pollution indexes*

Введение. Почвенный покров является одним из составляющих ресурсного потенциала агроландшафта и наиболее уязвимым его элементом, поскольку последствия воздействия неблагоприятных природно–климатических и антропогенных факторов на него часто сохраняются длительное время. Территория одного из крупнейших сельскохозяйственных районов края – Пограничного, значительная часть аграрных земель которого расположена в верховьях и центральной части бассейна р. Нестеровки, примыкает к международному транспортно–логистическому коридору (МТК) Приморье–1 и испытывает на себе максимальную нагрузку со стороны транспортного потока, до настоящего времени исследована слабо.

Цель работы – выявление современного состояние почвенного покрова долины реки Нестеровка. Задачи исследования: 1) выявить состав почвенного покрова исследуемого района, 2) дать характеристику физико–химических свойств почв, 3) определить экологическое состояние почв в отношении содержания тяжелых металлов.

Материалы и методы. Исследования охватывают центральную часть долины реки Нестеровка от с. Сергеевка в восточном направлении до с. Пограничный – в западном. На исследуемой территории заложены разрезы, образцы отобраны на целинных участках и на землях сельскохозяйственного назначения. Анализы почв выполнены в аналитическом центре ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН по общепринятым методикам [2]. Подготовка почвенных проб и определение валового содержание тяжелых металлов выполнены методом рентгенфлуоресцентного анализа на спектрометре EDX–800HS (Shimadzu).

Результаты и их обсуждения. Территория обследования находится в западной части геоморфологического района Уссуро-Ханкайско-Раздольненской равнины. Рельеф преимущественно низкогорный (абсолютные отметки 200–500 м) с постепенным переходом к зоне мелкогорного и холмисто–увалистого, а затем останцово-денудационного рельефа [3]. Гродековская кайнозойская впадина (район п. Пограничный) разделяет зоны низкогорного рельефа на отдельные массивы и сложена континентальными миоценовыми отложениями базальтоидов. Равнинная часть территории представлена долиной реки Нестеровка и ее притоков – рек Золотая, Крепостная, Точилка и межсопочных понижений, где хорошо развиты эрозионно–аллювиальные процессы, которые усиливаются летними паводками.

Данная территория района относится к Уссурийско-Ханкайской почвенной провинции умеренно-промерзающих буроземов и подбелов хвойно-широколиственных и широколиственных лесов с преимущественным распространением суглинистых и глинистых озерно-аллювиальных отложений. Основные черты почвенного покрова территории связаны с комплексом элементарных почвообразовательных процессов, среди которых преобладают дерновый (накопление в верхних слоях специфических темноокрашенных гумусовых веществ), выщелачивания (вынос по профилю оснований), иллювиально-гумусовый (вынос из верхней части профиля минеральных, органоминеральных соединений и формирование дифференцированного профиля), оподзоливания (осветление подгумусового горизонта минеральной части профиля), оглинения (образование вторичных глинистых алюмосиликатов) и оглеения (накопление восстановленных продуктов при переувлажнении почв). Процесс буроземообразования протекает в условиях хорошего дренажа, который обеспечивает устойчивость аэробных процессов. При его ухудшении, или при наличии боковых подтоков почвенно-грунтовой влаги в почвах развивается осветленный горизонт, при этом формируются дерново–буро–подзолистые почвы, иногда с выраженным оглеением. На пониженных элементах широкое развитие получают дерновый, лугово-болотный и болотный процессы. Почвы днищ долин рек формируются в условиях периодического затопления и близком залегании почвенно-грунтовых вод, на почвообразующих породах суглинисто-глинистого состава, где широкое развитие получили глеевые процессы.

По характеру растительности район относится к Манджуро–Сихотэ–Алинской провинции хвойно–широколиственных и широколиственных лесов.

В целом агроклиматические условия территории благоприятствуют выращиванию всех сельскохозяйственных растений, культивируемых в Приморье: зерновые, технические, овощные [1].

На исследуемом участке выявлен следующий состав почвенного покрова: буроземы типичные и глееватые, темногумусово–глеевые, дерново–буро–подзолистые типичные и глееватые, аллювиальные гумусовые почвы и их агрогенные аналоги. Большинство почв тяжелосуглинистые, к легкосуглинистым относятся бурозем типичный и аллювиальная гумусовая почвы, к среднесуглинистым – бурозем глееватый и дерново–буро–подзолистая типичная почва.

Буроземы типичные и глееватые занимают расчлененные низкогорья и их склоны**.** Наиболее кислая реакция среды характерна для органо–аккумулятивных горизонтов буроземов (pH_{H2O} 4,8–5,8). Вниз по профилю актуальная кислотность снижается до 6,0–6,5 (рис.1)**.** Наблюдается биогенно–аккумулятивное повышение обменной кислотности (pH_{KCl}) в верхних горизонтах буроземов типичных до 3,5, что, возможно, вызвано высокой концентрацией ионов алюминия (1,78 мг-экв/100 г почвы). Высокая гидролитическая

кислотность отмечается для буроземов типичных (9,89 мг-экв/100 г) и средняя для буроземов глееватых (5,09 мг-экв/100 г) в верхней части профиля, вниз по профилю она постепенно снижается. В буроземах отмечается аккумулятивный характер распределения гумуса с резким максимумом в верхних органо–аккумулятивных горизонтах и постепенным уменьшением его содержания вниз по профилю (рис. 1). Содержание гумуса оценивается как ниже среднего в верхней части профиля (3,58–3,80%) и низкое в иллювиальной толще (0,72–1,41%). Содержание поглощенных катионов (Ca^{2+} и Mg^{2+}) в почвенном профиле буроземов высокое и варьирует от 21 до 30 мг-экв/100 г в верхнем гумусовом горизонте и достигает 29 мг-экв/100 г в минеральных горизонтах, преобладает кальций, однако и содержание магния высокое. Буроземы имеют высокую степень насыщенности основаниями (более 80%), за исключением гумусового горизонта буроземов типичных, что обусловлено высокой гидролитической кислотностью и высоким содержанием обменного алюминия. Очень низкое и низкое содержание подвижного фосфора отмечается в почвенном профиле буроземов, с максимумом в гумусовом горизонте. Содержание подвижного калия варьирует тот среднего до повышенного, в толще более тяжелых по гранулометрическому составу буроземов глееватых содержится большее его количество, чем в буроземах типичных.

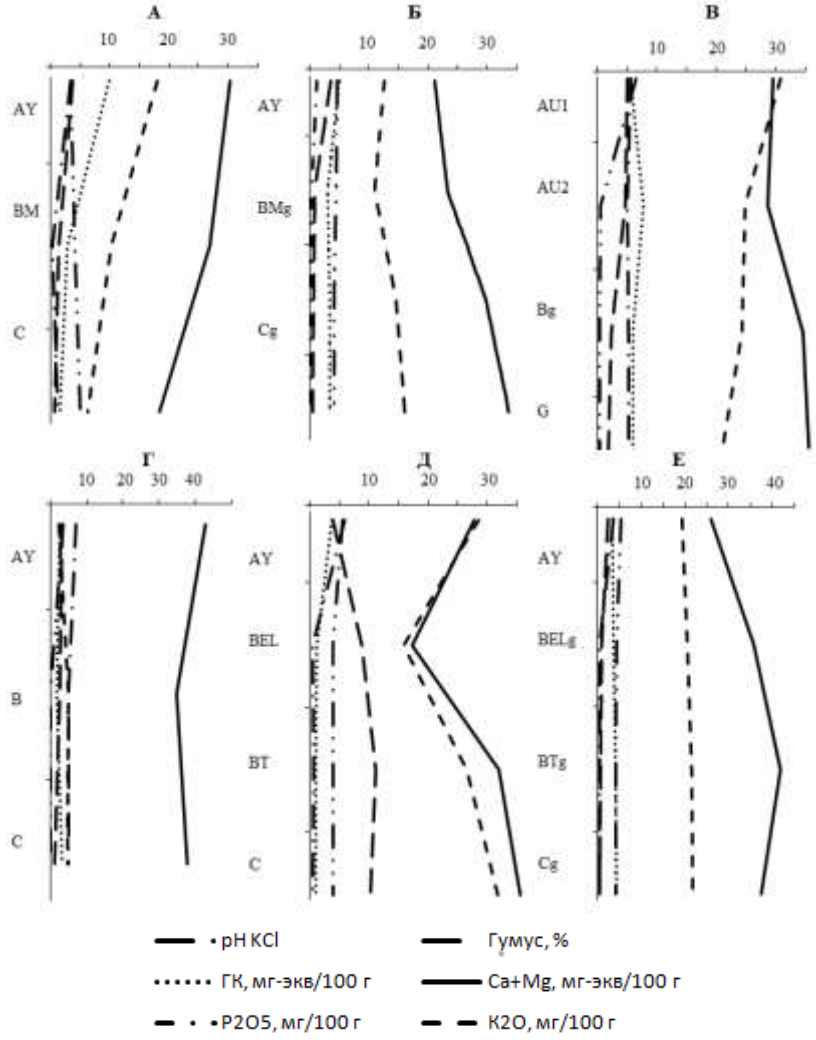

Рис. 1. Основные физико–химические и агрохимические свойства почв: А – бурозем типичный, Б – бурозем глееватый, В – темногумусово–глеевая, Г – аллювиальная гумусовая, Д – дерново–буро–подзолистая типичная, Е – дерново–буро–подзолистая глееватая.

Дерново–буро–подзолистые типичные и глееватые почвы увалов и шлейфов пологих склонов характеризуются слабокислой реакцией среды (pH_{H2O} 5,5–6,5) в органо–аккумулятивном горизонте и кислой и слабокислой в глубоких слоях (5,3–6,0). Наименее низкие значения обменной кислотности отмечаются в гумусовых горизонтах (pH_{KCl} 4,5–5,3).

С глубиной величина pH солевой суспензии постепенно снижается до 3,6–4,1. Гидролитическая кислотность по профилю варьирует от низкой до высокой (3,6–10,1 мг-экв/100 г), в зависимости от содержания обменного алюминия (может достигать 5,17 мг-экв/100 г почвы). Содержание гумуса ниже среднего 2,50–3,62% в поверхностных слоях и резко снижается с глубиной. Почвенный поглощающий комплекс почв преимущественно насыщен основаниями (87–95%). Содержание в почвенном поглощающем комплексе ионов кальция и магния сравнимо. Наблюдается элювиально-иллювиальный характер их распределения в дерново–буро–подзолистые типичных и регрессивный в глееватых почвах. Отмечается очень высокое содержание подвижного калия в верхних слоях почв и повышенное и высокое в остальной части профиля. Содержание подвижного фосфора низкое, с глубиной резко снижается**.**

Темногумусово–глеевые почвы понижений озерно–аккумулятивных террас характеризуются низкой актуальной кислотностью (pH_{H2O} 5,7–6,0), значения которой стабильны по всему почвенному профилю, наиболее кислым является второй гумусовый слои (pH_{KCl} 4,4). Гидролитическая кислотность практически стабильна по всему почвенному профилю и оценивается как средняя. Отмечается более высокое содержание гумуса (4,36–1,3%) в этих почвах по сравнению с другими почвами исследуемой территории. Степень насыщенности основаниями высокая по всему почвенному профилю и достигает 84–85% за счет высокого содержания поглощенных оснований. Для них также характерно довольно высокие значения магния в почвенном поглощающем комплексе. Почвы характеризуются высоким содержанием подвижного калия по всему почвенному профилю и повышенным – подвижным фосфором в поверхностных горизонтах (5,3 мг/100 г).

Аллювиальные гумусовые почвы пойменных участков обычно мало– или среднемощные, занимают небольшие площади. С поверхности они слабо– и средне галечниковатые, преимущественно легко- и среднесуглинистые. Содержание гумуса ниже среднего (3,3–3,8%). Реакция среды слабокислая (нейтральная) по всему профилю, гидролитическая кислотность преимущественно низкая (до 3 мэг-экв на 100 г почвы). Степень насыщенности основаниями высокая. Содержание питательных элементов очень низкое.

Пахотные аналоги почв по сравнению с целинными вариантами отличаются нейтральной актуальной и слабокислой обменной кислотностью, более высоким содержанием обменного кальция и более высокой степенью насыщенности основаниями в верхнем горизонте, более высоким содержание подвижных форм фосфора и калия. Длительное сельскохозяйственное использование почв снивелировало различия в их свойствах в пахотном горизонте. Обращает на себя внимание более высокое содержание валовых форм кальция, магния и фосфора в верхних горизонтах большинства целинных почв по сравнению с пахотными, что является негативной тенденцией.

В России химическое загрязнение почв оценивается по суммарному показателю (Zc), значение Zc<16 указывает на допустимый уровень загрязнения [7], но данный показатель не всегда позволяет корректно определить степень загрязнения почв. В мире используют иные геохимические показатели (табл.1). Коэффициент концентрации (Single Pollution Index) применяется для установления загрязнения отдельными тяжелыми металлами (ТМ) и вычисления комплексных показателей загрязнения. Индекс загрязнения Nemerow (NPI) широко используют для оценки состояния почв, поскольку он учитывает долю не только каждого тяжелого металла, но и опасность от металла с наибольшим коэффициентом концентрации. Показатель потенциального экологического риска (Potential Ecological Risk) указывает на уровень опасности для живых организмов.

Во всех исследованных пробах почв содержание тяжелых металлов не превышает ОДК [7], но, в большинстве случаев оно выше фонового [4]. Согласно полученным коэффициентам концентрации PI почвы оцениваются как чистые в отношении V повсеместно, Zn, Mn и Pb в большинстве проб. Почвы в отношении Cr и Ni повсеместно характеризуются как слабо загрязненные. Загрязнение от среднего до сильного выявлено в отношении Cu, сильное и очень сильное загрязнение – в отношении Co. Установлен следующий ряд элементов по

степени загрязнения: Co>Cu>Cr>Ni>Zn>Mn>Pb>V (рис. 2). Наибольшие значения PI для двух элементов (Co и Zn) выявлены в среднесуглинистых сильнокислых буроземах, что подтверждает их слабую устойчивость к загрязнению [5].

Таблица 1

Шкала значений геохимических показателей [8]

Коэффициент концентрации (PI)		Индекс загрязнения Nemerow (NPI)		Потенциальный экологический риск (PERI)	
Уровень	Оценка загрязнения	Уровень	Оценка загрязнения	Значение	Уровень риска
1<PI<2	слабое	NPI < 0,7	отсутствует	<90	незначительный
2<PI<3	среднее	0,7 ≤ NPI < 1,0	пограничное состояние	90–180	средний
3<PI<5	сильное	1,0 ≤ NPI < 2,0	слабое	180–360	высокий
PI >5	очень сильное	2,0 ≤ NPI < 3,0	среднее	360–720	очень высокий
–	–	NPI > 3	сильное	>720	чрезвычайно высокий

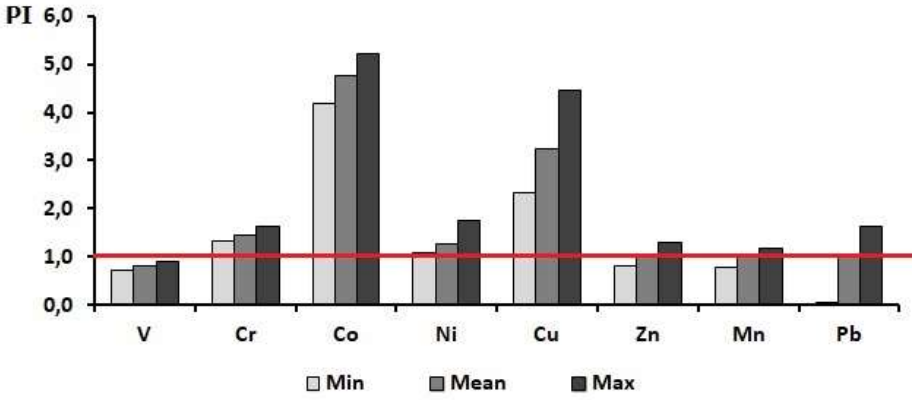

Рис. 2. Значения коэффициента концентрации PI для разных ТМ.

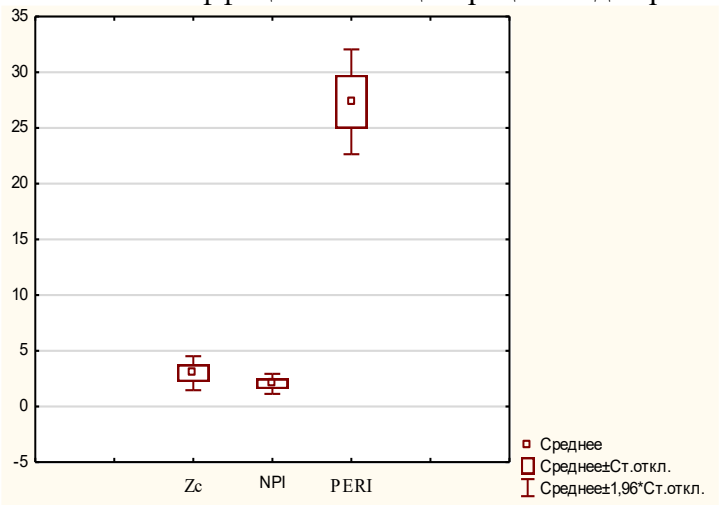

Рис. 3. Диаграмма размаха для значений суммарного показателя Zc, индекса загрязнения Nemerow NPI и потенциального экологического риска PERI.

Значения геохимического индекса NPI свидетельствуют о деградации поверхностного слоя большинства почв и средней степени загрязнения ТМ (рис.3). Наибольшие значения индекса загрязнения NPI получены на участке с равнинным рельефом вблизи госграницы с

Китаем. Кроме того, именно здесь регулярно отмечается высокая концентрация работающего на холостом ходу большегрузного транспорта, а при данном режиме работы в окружающую среду выделяется наибольшее количество ТМ от неполного сгорания топлива и от более интенсивного износа деталей в двигателе [6].

Значения показателя химического загрязнения Zc повсеместно не превышает 16, что указывает на допустимый уровень загрязнения почв на исследуемом участке согласно российским нормативным документам. При этом значения показателя потенциального экологического риска PERI также характеризуют экологическую опасность почв как незначительную.

Выводы.

В составе почвенного покрова долины реки Нестеровка преобладают различные типичные и глееватые буроземы и дерново–буро–подзолистые почвы, темногумусово–глеевые и аллювиальные гумусовые почвы и их агрогенные варианты. Большинство почв имеют тяжелый гранулометрический состав, слабокислую и нейтральную среду и низкое содержание гумуса. Почвы обеспечены подвижным калием, содержание подвижного фосфора в них сильно варьирует. Агрогенные варианты почв менее кислые и содержат большее количество питательных веществ, хотя прослеживается тенденция к снижению содержания валовых форм щелочноземельных элементов и фосфора. Использование различных показателей загрязнения выявило неоднозначную картину в оценке экологического состояния почв. Судя по величине геохимических индексов PI и NPI в исследованных почвах выявлена средняя степень загрязнения ТМ. Показатель химического загрязнения Zc, напротив, позволяет оценить уровень загрязнения как допустимый, а значения потенциального экологического риска PERI характеризуют уровень опасности для живых организмов как незначительный. Но планируемое увеличение транспортной нагрузки способно изменить сложившуюся ситуацию в худшую сторону.

Литература

1. Агроклиматические ресурсы Приморского края. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. 148с.
2. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
3. Ганешин Г.С. Геормофология Приморья. М.: Госгеолтехиздат, 1957. 135 с.
4. Ежегодник. Загрязнение почв России токсикантами промышленного происхождения в 2015 году. Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун», 2016. 112 с.
5. Колесников С.И., Кузина А.А., Евстигнеева И.А., Казеев К.Ш. Оценка устойчивости бурых лесных оподзоленных почв Черноморского побережья Кавказа к химическому загрязнению // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. Науки. 2016. № 1. С. 66–70.
6. Орлов В. Холостой – это плохо // URL: https://os1.ru/article/20604–esli–vasha–tehnika–rabotaet–na–holostom–hodu–ona–sjigaet–dengi–holostoy–eto–ploho (дата обращения 25.04.2022).
7. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий (СанПиН 2.1.3684−21). Москва, 2021. 75 с.
8. Kowalska J. B., Mazurek R., Gasiorek M., Zaleski T. Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination. A review // Environmental Geochemistry and Health. 2018. Vol. 40. P. 2395–2420.