

УДК 631.42 + (004.9:528.9)

А. В. МАРТЫНОВ

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС В СОЗДАНИИ ПОЧВЕННЫХ КАРТ ПОЙМЕННЫХ МАССИВОВ В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ АМУРА

На примере поймы среднего течения р. Амур рассмотрены особенности создания почвенной карты аллювиальных и остаточно-аллювиальных почв с использованием топографических карт и ГИС-технологий. Приведены примеры определения границы поймы и анализ пойменного рельефа через создание карт уклонов и экспозиции в ГИС.

Ключевые слова: геоинформационные системы, пойма, картография, аллювиальная почва.

The floodplain of the middle reach of the Amur river is used as an example to examine the characteristic features inherent in the generation of the soil map for alluvial and residual-alluvial soils, based on topographic maps and GIS technologies. Examples of the determination of the floodplain boundary are provided, and an analysis is made of the floodplain relief through the GIS-based generation of slope and aspect maps.

Keywords: geoinformation systems, floodplain, cartography, alluvial soil.

ВВЕДЕНИЕ

Основным документом при разработке мероприятий по рациональному использованию почвенных ресурсов служит почвенная карта. Однако большая часть почвенных карт, созданных уже более полувека назад, не соответствует существующим ситуациям на местности. Данная проблема осложняется тем, что часто работа над картами велась камерально, без полевых исследований, или же они были незначительны. В результате имеющиеся почвенные карты малопригодны для решения различных задач, связанных с современным землепользованием. В настоящее время в связи с экономическими условиями создание новых почвенных карт на основе полноценных полевых исследований — задача трудновыполнимая.

Эту ситуацию помогает исправить внедрение современных методов почвенной съемки, основанных на дистанционном зондировании (аэрокосмическая съемка) или создании статистических и математических моделей условий формирования почв (ГИС-технологии). Аэрокосмическая съемка почвенного покрова не позволяет напрямую диагностировать свойства тех или иных почв, определять их классификационную принадлежность. Поэтому при дистанционном зондировании в качестве индикаторов используют «физиономичные» факторы почвообразования — растительный покров, рельеф, состояние поверхности земель [1]. Вместе с тем такая экстраполяция часто носит очень субъективный характер ввиду отсутствия связи между индикаторами и параметрами почв [2]. К тому же мультиспектральные снимки высокого разрешения, применяемые для анализа почвенного покрова, достаточно дорогие. Применение современных геоинформационных систем (ГИС) вместе с результатами топографической съемки местности позволяет смоделировать анализируемую поверхность. Накладывая на подобные модели результаты полевых исследований небольших ключевых участков почвенного покрова и используя сравнительно-географический анализ [3], можно создавать достаточно точные почвенные карты.

Данная проблема особенно актуальна в отношении пойменных ландшафтов, относящихся к одним из сложнейших природных объектов, так как это наиболее молодые и динамичные участки суши, подверженные интенсивному воздействию геологических и биологических факторов. Для пойм характерен сложный рельеф, неоднородность аллювиальных отложений, неглубокое залегание грунтовых вод, мозаичность растительных группировок, что определяет значительную пестроту почвенного покрова [4]. В то же время почвы пойм обладают существенными запасами органических и минеральных веществ, что обуславливает их высокое естественное плодородие и, соответственно, интенсивное использование в сельском хозяйстве [5]. Однако для рационального использования пойменных территорий необходимы высококачественные почвенно-карографические материалы, дающие объективное отображение всей пестроты почвенного покрова.

В качестве объекта исследования выбраны почвы поймы в среднем течении р. Амур в районе сел Куприяново—Калинино. Для определения типов почв, слагающих пойму реки, применен метод ключевых участков, в соответствии с которым было заложено 27 почвенных разрезов, формирующих шесть катен в разных частях пойменного массива [6, 7].

Для выполнения картографических работ по созданию цифровой модели рельефа и непосредственно почвенной карты использовалось программное обеспечение ГИС «Карта 2011».

МЕТОДИКА И ОБСУЖДЕНИЕ

В камеральных условиях для создания цифровой модели рельефа подготовлена топографическая основа м-ба 1:25 000. Использование карт более мелкого масштаба в отношении поймы нецелесообразно, так как пойменный рельеф на них не отображается с достаточной точностью, а карты более крупного масштаба довольно редки. После координатной привязки карты проводится векторизация изолиний с указанием в их семантике абсолютных отметок высот. Необходимо отметить, что векторизация карт пойменных территорий м-ба 1:25 000 и крупнее имеет свои особенности. Сильная изрезанность пойменного рельефа без значительного перепада по высоте приводит к отражению на карте большого количества изолиний с одинаковыми значениями. В результате при создании модели в ГИС рельеф на ней отображается ровной поверхностью. Поэтому для более точной характеристики рельефа вводятся дополнительные изолинии или на карте создаются объекты, отображающие местность (болотистые понижения, растительные группировки и т. д.), с введением в их семантику значений высоты.

Также необходимо учесть, что поймы с точки зрения геоморфологии — высокодинамичный объект, и топографические карты, составленные в основном в 1950—1970-х гг., не всегда соответствуют местности. Поэтому для отслеживания изменений в рельефе наиболее динамичных участков поймы (прилегающих к руслу реки или ее протокам) целесообразно использовать космические снимки. Но если для дешифрирования аллювиальных почв необходимы дорогие мультиспектральные снимки с высокой разрешающей способностью, то анализ изменений в пойменном рельефе можно выполнить по снимкам с низким разрешением, используя бесплатные спутниковые сервисы.

Следующий шаг в построении почвенной карты — создание двух матриц, на основе которых выполняется оконтуривание почвенных ареалов (рис. 1). Это матрица высоты, имеющая регулярную структуру и содержащая элементы, значениями которых являются высоты рельефа местности. По сути она представляет собой аналог структуры цифровой модели рельефа DEM (digital elevation model). Также для картирования почв поймы, формирование и развитие которых неразрывно связано с деятельностью реки, целесообразно создание матрицы качеств, характеризующей гидрологический режим местности. При построении TIN-модели, чаще применяющейся в других ГИС-программах для анализа рельефа, нет необходимости в применении программы «Карта 2011», так как для разработки 3D модели, карт уклонов и статистических расчетов достаточно матриц.

Согласно сравнительно-геоморфологическому методу, почвенная карта строится путем распространения данных, полученных с ключевых участков, на соседние территории. Для этого по абсолютным высотам, отражаемым в цветовой гамме высотной и гидрологической матриц, и векторным изолиниям топографической основы наносятся контуры почв с соответствующими семантическими характеристиками, заранее занесенными в классификатор программы исходя из структуры почвенного покрова ключевых участков. Подобное перекрестное определение и нанесение контуров почвенных ареалов положительно сказывается на достоверности почвенной карты (рис. 2). Необходимо отметить, что если в пределах ключевых участков почвы выделяются на уровне элементарных почвенных ареалов, то распространить их на всю территорию с такой точностью не представляется возможным. Поэтому почвы, несмотря на отнесение их на карте к определенным типам, фактически выделяются на уровне простых комплексов, в которых преобладает данный тип, но могут присутствовать и другие типы почв.

Исходя из структуры почвенного покрова ключевых участков и особенностей формирования различных типов аллювиальных почв, можно отметить, что легче всего на карте выделить аллювиальные слоистые почвы [8]. На карте они приурочены к зоне бечевника и берегового вала, а также к недавно высохшим протокам и старичным озерам в пределах прирусловой поймы. На гидрологической матрице эти почвы затапливаются при поднятии воды относительно условной межени на 0—2 м.

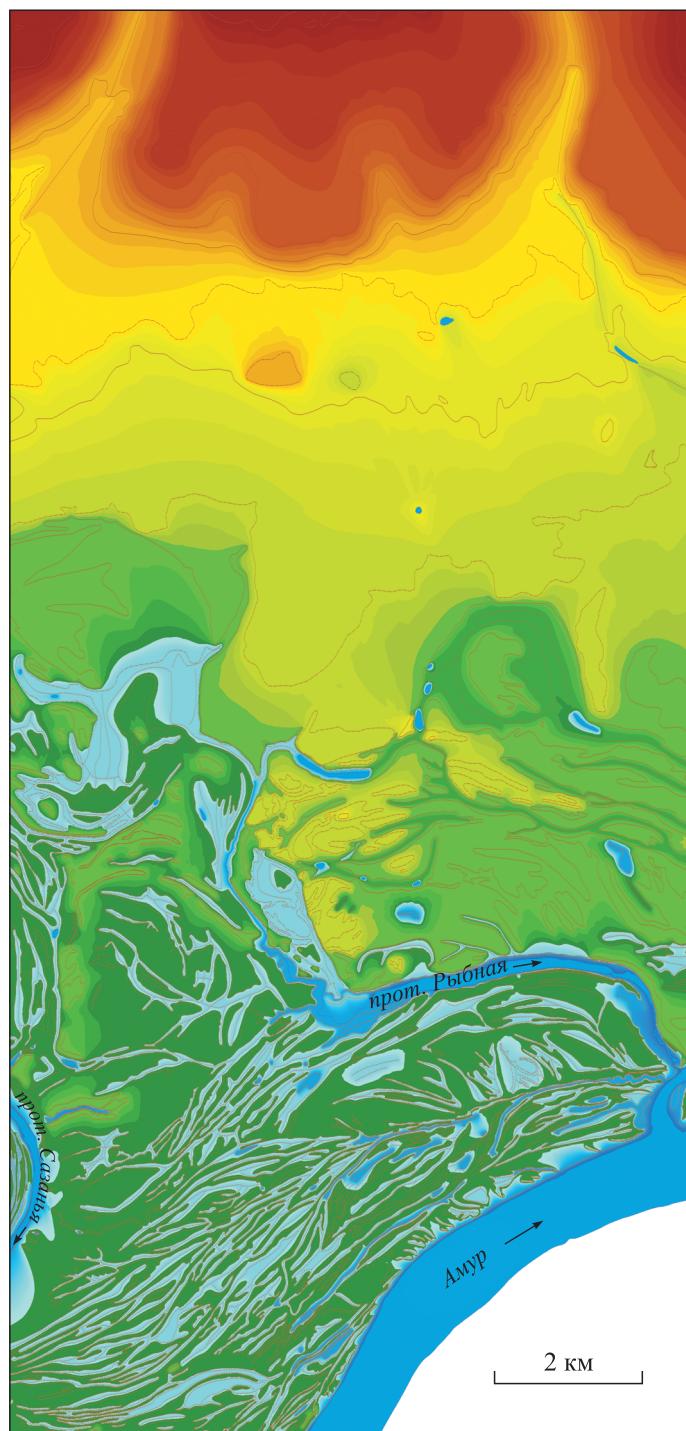
Рис. 1. Матрица высот пойменного массива в среднем течении Амура в районе сел Куприяново–Калинино с наложенной гидрологической матрицей при подъеме воды на 3,5 м относительно отметки условной межени.

Выше 2 м относительно условной межени в пойме Амура развиты аллювиальные серогумусовые, аллювиальные серогумусовые глеевые и аллювиальные перегнойно-глеевые почвы [8]. Верхняя гипсометрическая граница распространения этих почв на пойменном массиве соответствует среднемаксимальному паводковому уровню, который можно определить двумя путями: 1) установить максимумы затопления по гидрологическим наблюдениям за определенный промежуток времени (если они есть); 2) в ходе полевых исследований установить границу распространения аллювиальных почв, что позволяет определить на гидрологической матрице среднемаксимальные уровни затопления, необходимые для поддержания их сукцессионного равновесия.

Для сравнения были использованы оба варианта, которые одинаково показали, что в настоящее время среднемаксимальная высота подъема воды в пределах исследуемой территории составляет не более 7 м.

Разграничение аллювиальной серогумусовой, серогумусовой глеевой и перегнойно-глеевой почв на карте осуществляется согласно их геоморфологической приуроченности к определенным элементам рельефа и исходя из гидрологической характеристики местности. Аллювиальные серогумусовые почвы занимают значительные территории в пределах поймы на возвышенных слабозатапливаемых территориях. В случае небольшого их переувлажнения, что характерно для межгривных пространств и неглубоких понижений, развиваются аллювиальные серогумусовые глеевые почвы. Аллювиальные перегнойно-глеевые почвы формируются в болотистых понижениях, приуроченных к руслам действующих или высохших проток, а также к стариичным озерам. Аллювиальные серогумусовые глеевые почвы представляют собой переходный тип и занимают небольшие территории на склонах между серогумусовыми и перегнойно-глеевыми почвами. В разных частях пойменных массивов из-за несовпадения гипсометрических высот, которые занимают одни и те же почвы, применение гидрологической матрицы проводится отдельно для прирусловой, центральной и тыловой части поймы.

Выше 7 м влияние интразональных факторов почвообразования резко снижается и начинают преобладать зональные процессы. В результате в пределах высоты 7–8 м встречаются почвы, в рав-



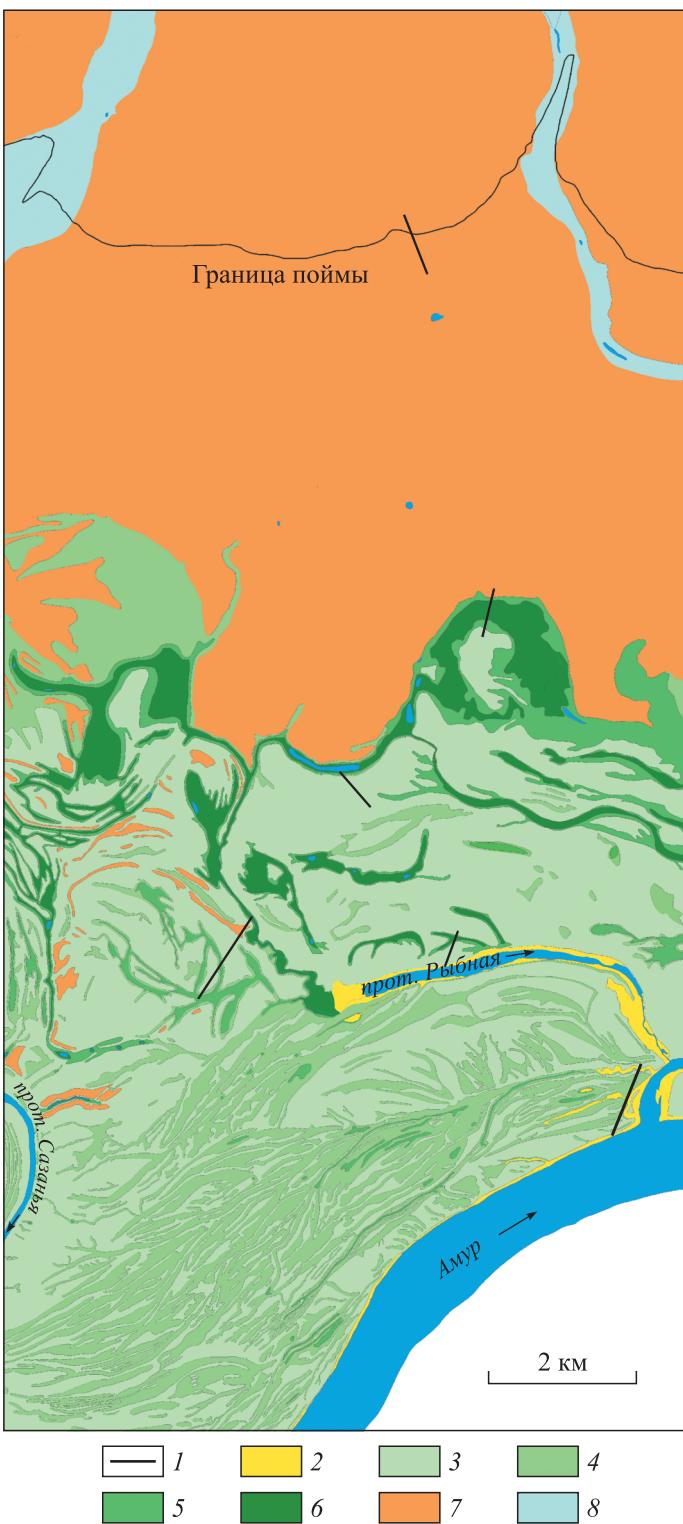


Рис. 2. Почвенная карта пойменного массива в среднем течении Амура в районе сел Куприяново–Калинино.

1 — катена. Почвы: 2 — аллювиальные слоистые, 3 — аллювиальные серогумусовые, 4 — аллювиальные серогумусовые глеевые, 5 — аллювиальные серогумусовые глеевые, 6 — аллювиальные перегнойно-глеевые, 7 — луговые буровоземы, 8 — болотные эутрофные.

ной мере сочетающие черты аллювиальных и зональных почв. Их диагностика и отображение на почвенной карте часто зависят от субъективного восприятия исследователя.

Более высокие участки поймы Амура в настоящее время уже не затапливаются, и на них развились зональные остаточно-аллювиальные почвы — луговые буровоземы, отличающиеся от почв, развитых на террасах, только признаками аллювиального происхождения, которые могут быть крайне незначительными. На почвенной карте луговые буровоземы пойм и террас отображают одним цветом, что при отсутствии высотных горизонталей зрительно уменьшает территорию поймы.

Окраска почв на почвенной карте выполняется согласно цветовой шкале Государственной почвенной карты России [9]. Аллювиальные почвы окрашиваются в зеленый цвет разных оттенков, болотные — в голубой, примитивные почвы — в желтый. Цвет остаточно-аллювиальных почв на карте определяется типом почв, в который эволюционируют аллювиальные почвы в соответствии с зональными природными особенностями. В пойме среднего течения Амура это луговые буровоземы, являющиеся продуктом зонального процесса буровоземообразования и отображающиеся на почвенной карте оттенками коричневого цвета.

Использование гидрологической матрицы также позволяет выделить на пойме участки по степени влияния пойменных процессов на почвообразование. Это дает возможность четко разграничить территорию поймы по сельскохозяйственному и

градостроительному риску их использования. На пойме Амура в районе сел Куприяново–Калинино в соответствии с гидрологической матрицей были выделены четыре зоны по степени затопления и увлажнения:

1) прирусловая пойма, полностью затапливающаяся раз в десятилетие, частично — каждый год; высота относительно отметки условной межени 2–4 м;

2) центральная и тыловая части поймы (справа по течению от р. Рыбной), полностью затапливающиеся несколько раз в столетие; высота относительно отметки условной межени 3–6 м;

3) центральная и тыловая части поймы (слева по течению от р. Рыбной), затапливающиеся только частично; высота относительно отметки условной межени 4–8 м;

4) высокая тыловая пойма, которая на данный момент полностью вышла из поемного режима; высота относительно отметки условной межени 8–15 м.

Отдельного внимания требует процесс создания карты уклонов, часто используемой для изучения эрозионных и склоновых процессов в ландшафтах. Необходимость в подобной карте не вызывает сомнения, но, как оказалось, из-за сильной выпуклости макрорельефа ее построение на исследуемый пойменный массив не дает ожидаемого результата. При общей оценке рельефа 88 % исследуемой территории занимают уклоны менее 0,4°; 8,6 % — уклоны от 0,4 до 1,65°; 2,9 % — уклоны от 1,65 до 2,9°. Однако при полевых работах обнаружены участки с уклоном до 15° и выше с развитыми на них процессами линейной и плоскостной эрозии, которые не отображены на карте из-за слабой информативности топографических карт м-ба 1:25 000 в отношении мезорельефа поймы.

Таким образом, создание карт уклонов для пойменных территорий целесообразно только при наличии топографической основы м-ба 1:10 000 и крупнее, позволяющей отразить особенности микро- и мезорельефа.

При разработке карты экспозиции склонов не так важен масштаб, как при построении карты уклонов. Анализ экспозиции позволяет оценить пойменные массивы по количеству тепла и света, поступающего на поверхность почвы, что служит важным критерием хозяйственного использования территории. При создании карты экспозиции территории исследуемого пойменного массива в соответствии с восемью основными направлениями (румбами) была распределена следующим образом:

склоны экспозиции NNE	— 23,1 %;
склоны экспозиции ENE	— 5,3 %;
склоны экспозиции ESE	— 6,4 %;
склоны экспозиции SSE	— 12,4 %;
склоны экспозиции SSW	— 16,6 %;
склоны экспозиции WSW	— 10,5 %;
склоны экспозиции WNW	— 5,3 %;
склоны экспозиции NNW	— 2,1 %.

Эти данные показывают, что рельеф поймы имеет два основных направления экспозиции склонов: северо-восточное, обусловленное генеральным простиранием долины р. Амур, и южное — в соответствии с простиранием притоков Амура, ориентированных к его руслу под углом, близким к прямому. Также необходимо отметить, что 18,2 % поверхности поймы имеет субгоризонтальную поверхность, и вычислить экспозицию для такой поверхности невозможно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные геоинформационные технологии позволяют при достаточно скромных полевых исследованиях создавать точные и информативные почвенные карты пойменных территорий, оценивать предрасположенность территории к эрозии, интенсивность интразонального влияния на почвы и мезоклиматические условия. Однако использование сравнительно-географического метода для создания почвенных карт пойменных массивов с помощью ГИС подразумевает, что данные о почвах, полученные с ключевых участков, можно распространять на соседние территории только до тех пор, пока условия почвообразования будут схожими. Следовательно, при смене природных условий необходимо закладывать новые ключевые участки. Вместе с тем высокая пестрота почвенного покрова поймы диктует необходимость использования только крупномасштабных топографических карт, что не всегда возможно из-за их секретности.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (11–05–00372–а, 14–05–31052–мол_а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кравцова В. И.** Космические методы исследования почв. — М.: Аспект Пресс, 2005. — 190 с.
2. **Грибов С. И.** Почвенная картография. — Барнаул: Изд-во Алт. аграр. ун-та, 2005. — 90 с.
3. **Дьяконов К. Н., Касимов Н. С., Тикунов В. С.** Современные методы географических исследований. — М.: Просвещение, 1996. — 207 с.
4. **Добровольский Г. В.** Почвы речных пойм центра Русской равнины. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005. — 293 с.
5. **Шраг В. И.** Пойменные почвы и их сельскохозяйственное использование. — М.: Россельхозиздат, 1969. — 269 с.
6. **Докучаев В. В.** О закономерности известного географического распределения наземно-растительных почв на территории Европейской России. — М.: Изд-во АН СССР, 1950. — Т. 2. — 352 с.
7. **Milne G.** Some suggested units of classification and mapping particularly for East African soils // Soil. Res. — 1935. — Vol. 4, N 3. — P. 183–198.
8. **Шишов Л. Л., Тонконогов В. Д., Лебедева И. И., Герасимова М. И.** Классификация и диагностика почв России. — Смоленск: Ойкумена, 2004. — 342 с.
9. **Составление и использование почвенных карт / Под ред. А. Д. Кашанского.** — М.: Агропромиздат, 1987. — 273 с.

Поступила в редакцию 23 августа 2013 г.
