

ет Н.Д. Градобоев [8], это объясняется тем, что в процессе разложения растительных остатков лиственных лесов в почвенный раствор поступает в несколько раз больше кальция, что влияет на почвообразование и благоприятствует развитию дернового процесса.

Все отмеченные особенности исследуемых почв, бесспорно, свидетельствуют об их своеобразии и уникальности. Следовательно, при рассмотрении классификационной принадлежности черноземовидные почвы лиственных лесов Ширинского района Республики Хакасия заслуживают полное право на самостоятельное место в современной почвенной классификации на подтиповом уровне с учетом состояния карбонатного профиля и форм карбонатных новообразований.

Литература

1. Петров Б.Ф. Почвы Алтайско-Саянской области // Тр. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева, 1952. – С. 245–248.
2. Смирнов В.П. Почвы Западного Саяна. – М.: Наука, 1970. – 236 с.
3. Ильиных Н.И. Почвы Кузнецкого Алатау. – Красноярск, 1970. – 165 с.
4. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы определения физических свойств почв и грунтов. – М.: Высш. шк., 1961. – 345с.
5. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1961. – 492 с.
6. Тюрин И.В., Кононова М.М. Биология гумуса и вопросы плодородия почвы // Почвоведение. – 1963. – № 3. – С. 3–13.
7. Хохлова О.С., Кузнецова А.М. Морфология карбонатных новообразований при смене условий среды в почвах сухостепной зоны Южного Приуралья // Почвоведение. – 2002. – № 11. – С. 1371–1379.
8. Градобоев Н.Д. Почвы лиственных лесов Сибири // Тр. по лесному хоз-ву (Зап.-Сиб. филиал АН СССР и Зап.-Сиб. ВНИТОлес). – Вып. 2. – Новосибирск, 1955. – С. 45–54.



УДК 631.4:551.4

Э.О. Макушкин

ДИАГНОСТИКА ТРЕНДОВ ИЗМЕНЕНИЯ УСЛОВИЙ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В ДЕЛЬТЕ р. СЕЛЕНГИ В ГОЛОЦЕНЕ ПО СООТНОШЕНИЮ УГЛЕРОДА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ К УГЛЕРОДУ ФУЛЬВОКИСЛОТ

На основе сравнительного исследования соотношений сумм углерода гуминовых кислот и углерода фульвокислот современных и погребенных почв дельты р. Селенги рассматриваются тренды изменений условий почвообразования в дельте реки Селенги в голоцене.

Ключевые слова: дельта, почвы, почвообразование, гумус, углерод, гуминовые кислоты, фульвокислоты.

E.O. Makushkin

CONDITION CHANGE TRENDS DIAGNOSTICS OF SOIL FORMATION IN THE SELENGA RIVER DELTA DURING HOLOCENE PERIOD ON CARBON HUMIC ACID TO CARBON FULVIC ACIDS CORRELATION

Condition change trends of soil formation in the Selenga River delta during Holocene period on the basis of the comparative analysis of humic acids carbon and fulvic acids soils and fossil soils carbon sums correlations are considered in the article.

Key words: delta, soils, soil formation, humus, carbon, humic acids, fulvic acids.

Введение. Отметим основную причину, обуславливающую особый гидроклиматический статус речных дельт, который собственно формирует комплекс факторов почвообразования. Это – речной сток. Именно речной сток является причиной повышенной увлажненности дельт, а не атмосферные осадки, так как в дельтах, расположенных в засушливых зонах, их может быть очень мало. Обилие влаги является причиной формирования характерного «дельтового ландшафта» с буйной и разнообразной растительностью [16, с. 49]. Небольшое число рек образует классические лопастные дельты при впадении в крупные водоемы. В пределах России их

образуют три реки: Волга, Лена и Селенга, но дельта Селенги уникальна тем, что она является единственной в мире пресноводной экосистемой [14].

Речной сток выносит в дельты рек огромные массы не только воды, но и «твердого стока», отлагающегося в них и формирующего их физический облик. Так, главным фактором формирования дельты Селенги и ее русловой сети остается сток воды и наносов, поступающий в вершину дельты. При этом «волнение, вдоль береговые течения, нагонные и приливные явления отчетливо выражаются лишь на нижних участках дельтовых рукавов» [5, с. 53]. Отмечено в дельте влияние подпора со стороны водоема оз. Байкал, усилившееся после ввода в действие Иркутской ГЭС, которое в межень достигает верховье ее – выше с. Мурзино [15]. В целом экосистемы дельты Селенги развиваются в условиях континентального климата Восточной Сибири, несколько преобразованного влиянием Байкала, особенно в весенне-летний период. Средняя годовая температура воздуха равна минус 1,2° С. В 50–100 км от Байкала теплообеспеченность ландшафтов существенно возрастает, что прослеживается во всех направлениях [10]. Кроме того, на рассматриваемой территории формируется определенная структура мезоклиматов с несколько различающимися режимами температуры воздуха, атмосферных осадков, ветра и других не менее важных показателей [13].

Исходя из краткой характеристики гидрологических и климатических условий формирования дельты р. Селенги, можно видеть их динамичность во времени, определенную мозаичность в пространстве. Отсюда очевидным является определенное разнообразие условий почвообразования в разных частях дельты и в то же время ожидаемо изменение этих условий во времени.

Цель настоящей работы – исследовать тренды изменений условий почвообразования в различных частях дельты р. Селенги в голоцене, исходя из сравнения соотношений сумм углерода гуминовых кислот ($C_{гк}$) к суммам углерода фульвокислот ($C_{фк}$) в дневном и в погребенном гумусовых горизонтах исследуемых аллювиальных почв.

Объекты и методы. Объектами исследований были аллювиальные почвы дельты р. Селенги, пространственная конфигурация которой «седлообразна» (рис. 1). Почвенные разрезы (р.) закладывались с 2001 по 2005 год в центральной пойме и на островах верховьев дельты, в притеррасной пойме и на островах устьевых частей левобережья и правобережья, на острове Сенной в сердцевине дельты и в низовье срединной части дельты – на островах протоки (пр.) Среднеустье. Ранее нами в соавторстве с Н.Д. Сорокиным и В.М. Корсуновым [7] были описаны ландшафтные особенности мест закладок почвенных разрезов, горизонтов исследуемых почвенных разрезов, с последующей типовой идентификацией почв по эколого-генетической классификации. В работе также были представлены основные физико-химические свойства исследуемых почв, в том числе состав гумуса по Пономаревой-Плотниковой.

При выполнении данной работы использовались сравнительно-географические, физико-химические и морфогенетические методы [1, 2, 12]. Классификационное положение почв приводится согласно «Полевому определителю почв» [11]. Оценку изменения условий почвообразования в современные периоды голоцена осуществляли, применяя педогумусовый метод, разработанный М.И. Дергачевой и описанный в ряде широко известных публикаций, из которых цитируем в данной работе одну из них [4]. Обработку данных осуществляли с помощью компьютерной программы Microsoft Excel – 2010.

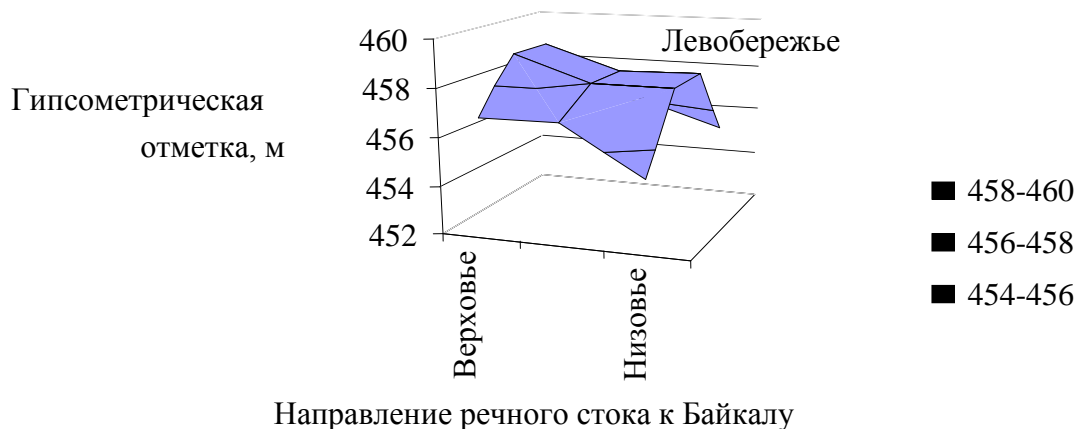


Рис. 1. Схема примерного пространственного положения участков левобережья, правобережья и срединной части дельты р. Селенги относительно уровня Балтийского моря

Результаты и обсуждение. Сравним пары значений сумм $C_{гк}$ и $C_{фк}$ педогумусовым методом и линейные приближения трендов этих соотношений в современных и погребенных гумусовых горизонтах почв верховьев дельты р. Селенги (рис. 2). Соотношение $C_{гк} / C_{фк} > 1,0$ выявлено в дневных горизонтах трех почвенных разрезов в верховье дельты: 2-05, 6-05, 7-05, а в остальных пяти из восьми оно менее 1,0. Согласно концепции М.И. Дергачевой и соавт. [4, с. 24], дневные горизонты почв только указанных трех разрезов формировались в оптимальных гидротермических условиях. Данный позитивный показатель был выявлен для погребенных гумусовых горизонтов (на глубинах примерно от 24 до 42 см для разных разрезов) также применительно только для трех почвенных разрезов: 2-05, 5-05 и 8-05. Итак, для профиля р. 2-05 оптимальные гидротермические условия были как в период формирования погребенного гумусового горизонта, так и дневного. Здесь биотоп представляет собой открытое место на стыке основного русла реки со старицей, что определило оптимум как по температуре, так и по влажности. Гидротермические условия ухудшились в период формирования дневных горизонтов почв р. 5-05 и 8-05, однако улучшились при формировании аналогичных горизонтов почв р. 6-05 и 7-05. Биотопы первых двух почвенных разрезов испытывают в современный период влияние засушливых условий. Оно сказывается, например, на доминировании в почвах данных биотопов биомассы мицелий актиномицетов, более адаптированных к сухим условиям [8]. Кроме того, на фоне засушливости на биотоп р. 8-05 оказывает влияние неконтролируемое использование населением села Мурзино под пастбище крупного рогатого скота (КРС). Касаясь двух последних разрезов (6-05 и 7-05), установлено, что их биотопы имеют в современный период устойчивое поверхностное увлажнение в результате паводков в весенний и летний периоды по старичному руслу пр. Селенги.

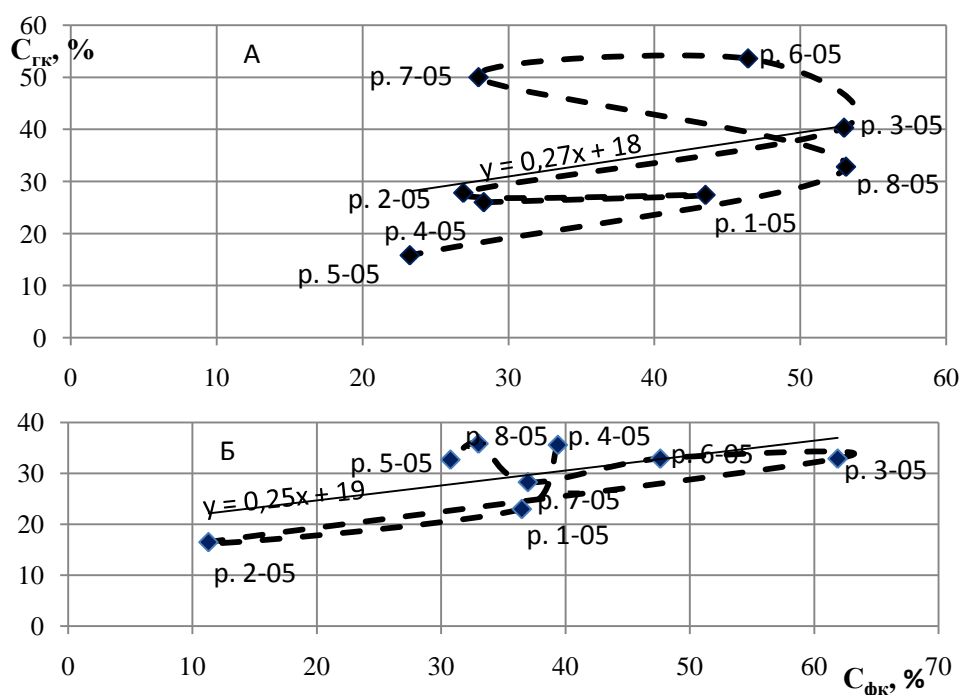


Рис. 2. Диагностика почвообразования в голоцене по составу гумуса дневного (А) и погребенного гумусового горизонтов (Б) в почвах верховьев дельты р. Селенги; численные значения по [7, с. 146–147 и 153–155]

Соотношение значений $C_{гк} / C_{фк} < 1$ было присуще почвам р. 1-05, 3-05 и 4-05, как в дневном горизонте, так и в погребенном (см. рис. 2). Как было выше отмечено, оно характерно для влажных и холодных условий формирования почв в голоцене. Данные почвенные разрезы были заложены на участках прирусловых пойм островов верховьев дельты [7], что повлияло на формирование указанных условий почвообразования. Тренды изменений соотношений сумм $C_{гк}$ и $C_{фк}$ в погребенных и в дневных горизонтах различаются по уравнениям их линий приближения. По характеру линий трендов, описываемых соответствующими линейными уравнениями, можно заключить, что гидротермические условия почвообразования в верховье дельты Селенги улучшились в современный период голоцена при формировании дневных горизонтов почв.

Почвы верховьев дельты р. Селенги классифицированы нами как аллювиальные гумусовые почвы, за исключением почвы р. 7-05, диагностированной как аллювиальная темногумусовая маломощная, сформированная на аллювиальной гумусовой почве.

Рассмотрим в сравнительном аспекте соотношения сумм $C_{гк}$ и $C_{фк}$ и линейные приближения трендов этих соотношений для дневных и погребенных гумусовых горизонтов аллювиальных гумусовых почв левобережной и срединной частей дельты Селенги (рис. 3).

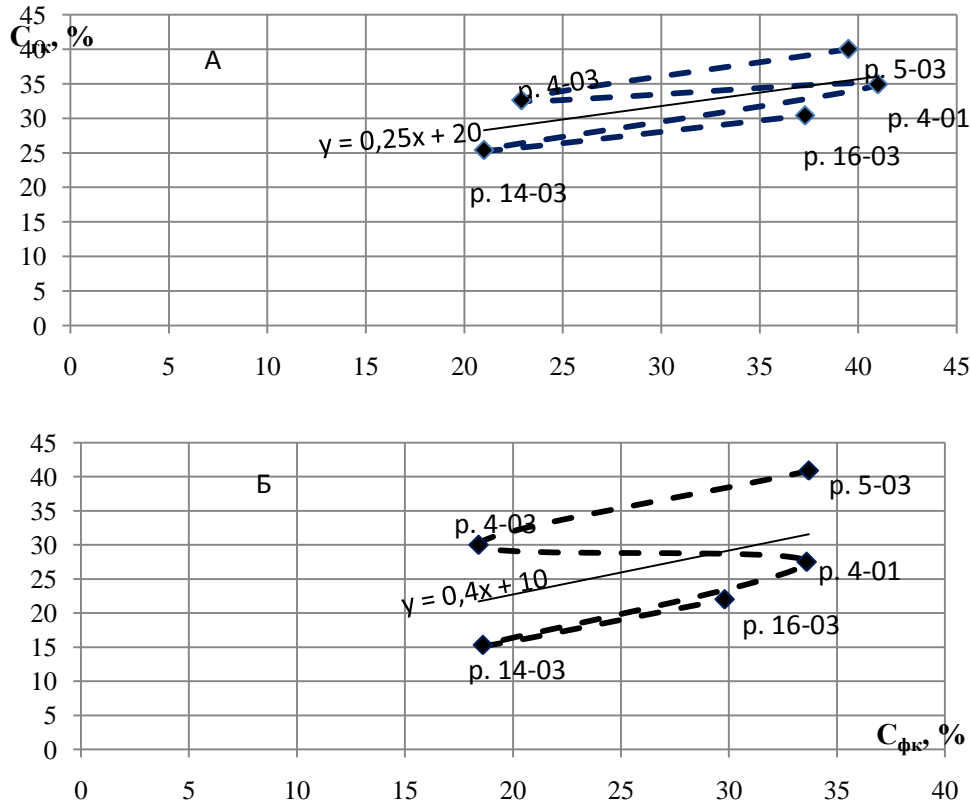


Рис. 3. Диагностика почвообразования в голоцене по составу гумуса дневного (А) и погребенного гумусового горизонтов (Б) в аллювиальных гумусовых почвах левобережья и центральной части дельты р. Селенги; численные значения по [7, с. 151–155]

Есть приближение к геометрическому подобию в конфигурациях расположений соответствующих точек соотношений сумм ГК и ФК и линий трендов данных соотношений. Однако можно видеть смещение всех исследуемых точек в дневных горизонтах почв в правую часть плоскости рисунка (в сторону увеличения доли $C_{фк}$ от $C_{общ}$) по сравнению с таковыми в погребенных горизонтах. Дневные горизонты данных почв сформировались в несколько влажных условиях, чем погребенные гумусовые горизонты. Этому способствовали, как усиление подпора со стороны Байкала, так и постоянные опускания краевых низинных частей дельты. Известно, что уровень Байкала был поднят более чем на 1 м после введения в строй Иркутской ГЭС [3, с. 3]. Эти явления очень заметно отразились на снижениях соотношений сумм $C_{гк} / C_{фк}$ в почвенных разрезах 4-03 (о-в Гнилой в 7-ми км от Байкала) и 5-03 (о-в Гусевский в устье Основного русла). Несмотря на это, данные соотношения выше 1,0, что свидетельствует о благоприятных гидротермических условиях при формировании этих почв. Соотношение сумм $C_{гк} / C_{фк} < 1,0$ было характерно как для погребенных, так и для дневных горизонтов р. 4-01 и 16-03, заложенных в низких прирусловых поймах. Такое же соотношение данного показателя было применительно для погребенного гумусового горизонта р. 14-03. Однако в дневном горизонте этот показатель выше 1,0. Биотоп данного разреза формировался на крупном острове Дологан. Очевидно, что в былые времена при формировании погребенного гумусового горизонта здесь было сильное влияние поемных условий.

Приближение к геометрическому подобию в расположениях точек соотношений сумм $C_{гк}$ и $C_{фк}$ и особенно линий трендов этих соотношений на графиках нашли выражение для дневных и погребенных почвенных горизонтов аллювиальных перегнойно-глеевых почв дельты Селенги (рис. 4).

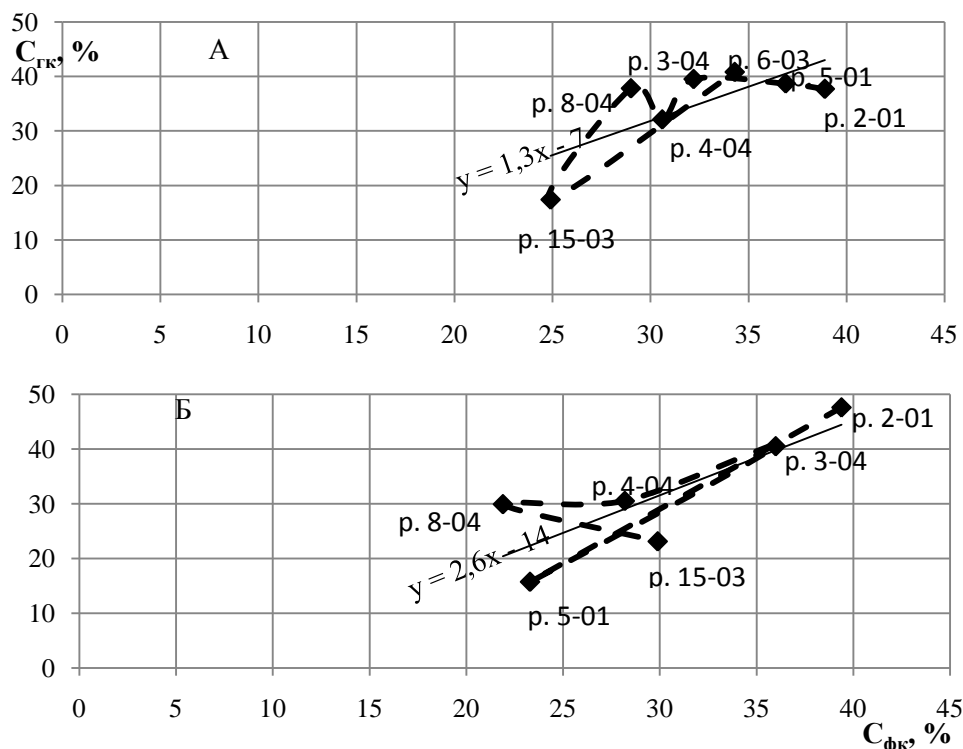


Рис. 4. Диагностика почвообразования в голоцене по составу гумуса дневного (А) и погребенного гумусового горизонтов (Б) в аллювиальных перегнойно-глеевых почвах притеррасной поймы и краевых участков дельты р. Селенги; численные значения по: [7, с. 148-153]. Примечание: в погребенном горизонте р. 6-03 ГК и ФК не изучались

Неблагоприятные гидротермические условия ($C_{ГК} / C_{ФК} < 1,0$) были при формировании дневного горизонта почв в разрезах 2-01 и 15-03 и при формировании погребенного горизонта в разрезах 5-01 и 15-03. Динамичность условий формирования гумусовых горизонтов в почвенных разрезах 2-01 и 5-01 обусловлена, очевидно, сменой русловых процессов. Данные почвенные разрезы были заложены в низкой притеррасной пойме в левобережье дельты, недалеко друг от друга. Если биотоп первого разреза представляет собой в настоящее время ложе старичного русла, то биотоп второго – край старичного русла протоки, т.е. прилегает к остепняющейся части, судя по присутствию наряду с болотной растительностью лугового разнотравья [7, с. 20]. Итак, в период формирования погребенных гумусовых горизонтов данных почвенных разрезов ландшафтные особенности были в этих случаях несколько иными, чем в современный период. Что же касается биотопа р. 15-03, то он принадлежит молодому острову ниже острова Дологан, с правой стороны протоки Лобановская ($52^{\circ}16'30''$ N и $106^{\circ}38'$ E). Здесь представлена влаголюбивая болотная растительность. Отсюда видно избыточное влияние речной влаги на формирование почвы р. 15-03, что отразилось на соотношении $C_{ГК} / C_{ФК} < 1,0$, как в погребенном гумусовом горизонте, так и в дневном.

Почвы остальных почвенных разрезов формировались в прошлые и в настоящее времена в оптимальных гидротермических условиях ($C_{ГК} / C_{ФК} > 1,0$). Этому способствовали оптимальные дельтовые климатические и мезоклиматические условия, описанные во введении. Биотопы данных почвенных разрезов представлены на островах устьев проток р. Селенги. Здесь сильно влияние солнечной инсоляции, благодаря оптическим эффектам отражения и рассеивания чашей оз. Байкал, в результате чего усиливалась микробиологическая активность почв [7, с. 54–55]. Кроме того, есть влияние относительно теплого водоема залива Провал для биотопов р. 3-04, 4-04 и 8-04 [9]. Интенсивная транспирация почвенной влаги болотной растительностью, особенно тростником южным (*Phragmites australis* (Gav.) Trin.ex Steudel), обеспечивает здесь на островах оптимальные условия полевой влажности почв.

В целом для исследованных перегнойно-глеевых почв уравнениями линий трендов, описывающих приближения соотношений сумм $C_{ГК}$ и сумм $C_{ФК}$, установлено, что лучшие гидротермические условия были при формировании дневных горизонтов по сравнению с погребенными горизонтами (см. рис. 4).

Рассмотрим гидротермические условия формирования аллювиальных темнугумусовых почв, представленных в притеррасных поймах левобережья (р. 3-01) и правобережья (1-04) и на крупном о-ве Сенной (р. 2-03, 3-03 и 13-03) на пр. Галутай в сердцевине дельты Селенги (рис. 5). Если среди погребенных темно-

гумусовых горизонтов выявлено соотношение $C_{гк} / C_{фк} < 1,0$ в разрезах 3-01 и 13-03, то среди дневных горизонтов – только в р. 3-01. В остальных случаях этот показатель выше 1,0. Следует отметить, что биотоп р. 3-01 используется населением села Степной дворец под пастбище КРС. Не исключается в этом случае антропогенное влияние изъятия растительности с поверхности почвенного покрова. Вкупе с дефицитом почвенной влаги по причине редкой затопляемости и отдаленности от Байкала (15 км), здесь условия почвообразования не являются оптимальными, что было отмечено ранее нами в соавторстве с Е.Ю. Шахматовой [6].

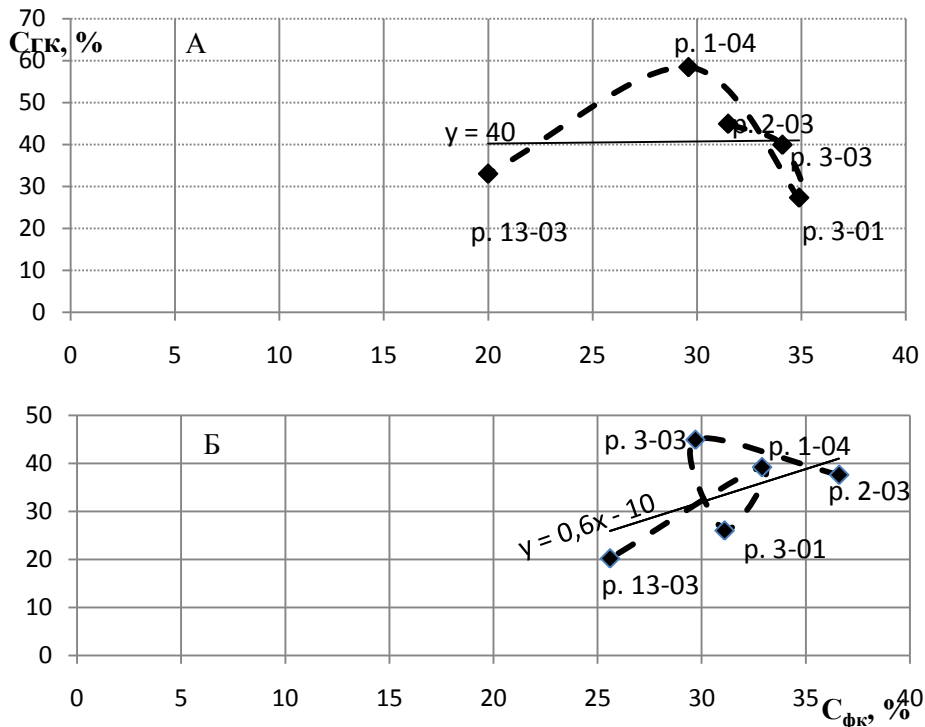


Рис. 5. Диагностика почвообразования в голоцене по составу гумуса дневного (А) и погребенного гумусового горизонтов (Б) в аллювиальных темногумусовых почвах притеррасной поймы и крупных островов срединной части дельты р. Селенги; численные значения по: [7, с. 144-147, 151-152]

В целом видна тенденция к улучшению гидротермических условий при формировании дневных горизонтов аллювиальных темногумусовых почв биотопов, принадлежащих относительно возвышенным ландшафтам дельты (р. 2-03, 1-04 и 13-03). Также относительное ухудшение этих условий в биотопе (р. 3-03), принадлежащем пониженному ландшафту. Очевидно, что повышение уровня оз. Байкал в современный период и усиление подпора с его стороны сказались позитивно на процессе гумусообразования в первом случае и негативно во втором случае. По линии тренда приближений соотношений $C_{гк}$ и $C_{фк}$ в дневном горизонте темногумусовых почв, описываемой уравнением $y = 40$, можно судить о стабилизации условий почвообразования при формировании дневных горизонтов данного типа почв. В пределах колебаний в исследуемых почвах содержания $C_{фк}$ от 20 до 35 % от $C_{общ}$ средняя величина содержания $C_{гк}$ составила 40 % от $C_{общ}$.

Итак, на фоне обозначенных во введении характерных для различных частей дельты р. Селенги экологических условий следует выделить в них на рубеже времени формирования от погребенного гумусового горизонта до дневного гумусового горизонта нижеследующие условия почвообразования, отраженные в выводах.

Выводы

1. В условиях отдаленности от водоема оз. Байкал для оптимизации гидротермических условий, как в дневном, так и в погребенном гумусовом горизонте почв верховья дельты р. Селенги, значительно существование режима поверхностного увлажнения почв через временные водотоки и затоны. В этих случаях в них соотношение сумм $C_{гк} / C_{фк} > 1,0$. В остальных оно меньше 1,0. В первых случаях в современный период голоцена формировалась аллювиальная темногумусовая почва на погребенной аллювиальной гумусовой почве. В других – аллювиальная гумусовая почва.

2. В условиях прирусловой поймы значительно влияние режима регулярного затопления биотопов. Оно оказало влияние на соотношение сумм $C_{гк} / C_{фк} < 1,0$, как в дневном гумусовом горизонте, так и в погребенном.

бенном гумусовом горизонте почв. В этих условиях формировалась аллювиальная гумусовая почва. Вблизи Байкала на островах левобережья существенно влияние подпора озера и опускания в краевых частях, с регулярными затоплениями биотопов, что несколько снизило соотношение сумм гуминовых кислот в дневном горизонте относительно погребенного.

3. В наиболее повышенной части дельты (в сердцевине), где преимущественно распространена аллювиальная темнотемногумусовая почва, дневной гумусовый горизонт сформировался в лучших гидротермических условиях, чем погребенный гумусовый горизонт. В этом случае есть влияние подъема уровня грунтовых вод в результате усиления подпора со стороны Байкала. В возвышенной части притеррасной поймы биотоп с названным типом почвы испытывает дефицит влаги как в период формирования погребенного, так и дневного гумусового горизонтов, что сказалось на гумусное состояние их ($C_{гк} / C_{фк} < 1,0$). Также значимо негативное антропогенное влияние – неконтролируемый выпас населением КРС.

4. При формировании аллювиальной перегнойно-глеевой почвы в условиях низкой притеррасной поймы заметно влияние блуждания русла протоки, когда на краю старичного русла за счет фактора «остепенения» в дневном горизонте соотношение $C_{гк} / C_{фк} > 1,0$, тогда как в погребенном гумусовом горизонте заметно влияние увлажнения ($C_{гк} / C_{фк} < 1,0$). На островах правобережья дельты, приближенных к оз. Байкал, формировалась почва аналогичного типа преимущественно в оптимальных гидротермических условиях, так как соотношения сумм $C_{гк} / C_{фк} < 1,0$ как в дневных горизонтах, так и в погребенных горизонтах исследованных почвенных разрезов. Причина этому – рассмотренные особые благоприятные дельтовые мезоклиматические условия вблизи Байкала. Болотная растительность обеспечивает при этом транспирацию избытка почвенной влаги.

Литература

1. Агрофизические методы исследования почв. – М.: Наука, 1960. – 259 с.
2. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
3. Гидроэнергетика и состояние экосистемы озера Байкал / А.А. Атутов [и др.]. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. – 280 с.
4. Дергачева М.И., Вашукевич Н.В., Гранина Н.И. Гумус и голоцен-плиоценовое почвообразование в Предбайкалье. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, Филиал “Гео”, 2000. – 204 с.
5. Ильичева Е.А., Тулохонов А.К. Гидроморфологические аспекты формирования дельты // Дельта реки Селенги – естественный биофильтр и индикатор состояния озера Байкал / отв. ред. А.К. Тулохонов, А.М. Плюснин. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. – Вып. 15. – С. 46–53.
6. Макушкин Э.О., Шахматова Е.Ю. Дифференциация органического вещества и макроэлементов в почвах дельты Селенги // География и природные ресурсы. – 2005. – № 2. – С. 56–61.
7. Макушкин Э.О., Сорокин Н.Д., Корсунов В.М. Состояние микробных сообществ почв в различных условиях их поемности в дельте Селенги. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2007. – 160 с.
8. Макушкин Э.О., Корсунов В.М., Павлова И.И. Биомасса микробных сообществ различных типов почв верховьев дельты Селенги // Изв. РАН. Серия биологическая. – 2009. – № 1. – С. 1001–1008.
9. Макушкин Э.О. Диагностика почв мелких островов дельты Селенги // Вестн. КрасГАУ. – 2010. – Вып. 11. – С. 43–48.
10. Моложников В.Н. Географическое положение и природные условия дельты Селенги // Экология растительности дельты реки Селенги. – Новосибирск: Наука, 1981. – С. 4–7.
11. Полевой определитель почв России. – М.: Изд-во Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева, 2008. – 182 с.
12. Розанов Б.Г. Морфология почв: учеб. для высш. шк. – М.: Академический проект, 2004. – 432 с.
13. Трофимова И.Е. Структура мезоклиматов Усть-Селенгинской котловины // География и природные ресурсы. – 2005. – № 2. – С. 46–52.
14. Тулохонов А.К. О геоморфологической индикации режима новейших тектонических движений // ДАН. – 2008. – Т. 423. – № 4. – С. 511–515.
15. Шайбонов Б.Б., Гармаев А.М. Особенности функционирования геосистем дельты р. Селенги // Селенга – река без границ: мат-лы межд. науч.-практ. конф. – Улан-Удэ, 2002. – С. 80–81.
16. Эстуарно-дельтовые системы России и Китая: гидролого-морфологические процессы, геоморфология и прогноз развития / под ред. В.Н. Коротаева [и др.]. – М.: ГЕОС, 2007. – 445 с.

