

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ТИПА ЗЕМНОГО ПОКРОВА КАК ФАКТОР ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ОЧЕНЬ ПОДВИЖНЫХ ВОДНЫХ МИГРАНТОВ (НА ПРИМЕРЕ РЕЧНЫХ БАСЕЙНОВ СЕВЕРА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ)

Д.Н. Хайруллина

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Высокая увлажненность и малая освоенность речных бассейнов, проявляющаяся в том числе в высокой лесистости, позволяет выступать выбранной территории севера Восточно-Европейской равнины в качестве индикатора для оценки антропогенной нагрузки (распашки земель, вырубок лесных массивов и др.), отражающейся, прежде всего, на речном стоке очень подвижных водных мигрантов. Антропогенная нагрузка на речные бассейны оказывает влияние на изменение состояния их поверхности, и, соответственно, на величину поверхностной составляющей ионного стока (Вернадский, 1960; Зверев, 1971; Кононов и др., 2003). Как правило, степень этого влияния можно оценить с помощью корреляционного анализа.

Как отмечалось выше, выбранные речные бассейны преимущественно покрыты лесными массивами (77-96%), заболочены (до 19%), антропогенная трансформация поверхности речных бассейнов проявляется в сравнительно невысокой распаханности (до 11%) и залуженности (до 12%).

Исходной информацией для работы послужили гидрохимические и гидрологические материалы стационарных наблюдений, накопленные ФГБУ «Северное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», база данных по ионному стоку рек севера Восточно-Европейской равнины, созданная кафедрой ландшафтной экологии Казанского университета. Информация о структуре земной поверхности получена по материалам серии карт наземных экосистем России С.А. Барталева и др. (2011).

В представленной работе для расчета поверхностного стока ионов выбрана формула, предложенная В.П. Зверевым (1971):

$$W_{\text{и.подз}} = W_{\text{и.общ}} - (W_{\text{и.стп}} + W_{\text{и.подз}}) + W_{\text{и.акк}} \quad (1)$$

где $W_{\text{и.общ}}$ – полный ионный сток, т/км²; $W_{\text{и.стп}}$ – атмосферная составляющая ионного стока, т/км²; $W_{\text{и.подз}}$ – подземная составляющая ионного стока, т/км²; $W_{\text{и.акк}}$ – аккумуляция ионов в поверхностных горизонтах бессточных районов (для подвижных водных мигрантов в пределах исследуемой территории, характеризующейся промывным водным режимом, этот показатель приравнен к нулю), т/км².

Оценка атмосферной компоненты ионного стока рек ($W_{\text{и.стп}}$) производилась по формуле (2) с учетом величины коэффициента стока для каждого гидрологического года по каждому гидрологическому посту (Копотева, Федорова, 2011; Хайруллина, 2015; Зверев, 1971; Савичев, 2005):

$$W_{\text{и.стп}} = k \cdot \frac{\frac{n_1}{N_1} \cdot C_1 \cdot S_1 + C_2 \cdot S_2 + \dots + C_{n-1} \cdot S_{n-1} + \frac{n_2}{N_2} \cdot C_n \cdot S_n}{10^3} \quad (2)$$

k – коэффициент стока; n_1 – день месяца, в который начинается гидрологический год на данной реке; N_1 – количество дней в месяце, в который начинается гидрологический год на данной реке; n_2 – день месяца, в который заканчивается гидрологический год на данной реке; N_2 – количество дней в месяце, в который заканчивается гидрологический год на данной реке; S_1 – количество атмосферных осадков, выпавшее за месяц, с которого начинается гидрологический год на данной реке, мм; C_1 – концентрация ионов в атмосферных осадках в среднем за месяц, с которого начинается гидрологический год на данной реке, мг/л; n – число месяцев в данном гидрологическом году.

Подземный ионный сток (т/км²) рассчитывался по формуле (3):

$$W_{\text{и.подз}} = \frac{C_{\text{зима}} \cdot W_{\text{водн. подз}} \cdot 1000}{F} - p \cdot W_{\text{и.стп}} \quad (3)$$

$C_{\text{зима}}$ – концентрация ионов в период глубокой зимней межени при известных минимальных значениях расходов воды, мг/л (в средних и высоких широтах в период зимней межени питание рек полностью обеспечивается грунтовым стоком (Зверев, 1982)); $W_{\text{водн. подз}}$ – суммарный сток глубоких подземных вод в данном гидрологическом году, км³; p – доля стока глубоких подземных вод в общем стоке воды за данный гидрологический год; $W_{\text{и.стп}}$

– атмосферная составляющая ионного стока с данного речного бассейна; F – площадь речного бассейна выше поста наблюдения, км² (Khayrullina, Fedorova, 2014; Зверев, 1982).

В свою очередь, сток глубоких подземных вод $W_{\text{водн. подз}}$ (км³) рассчитывался по формуле (4):

$$W_{\text{водн. подз}} = Q_{\text{мин}} \cdot n \cdot 0,0001, \quad (4)$$

где $Q_{\text{мин}}$ – минимальный среднесуточный расход воды за гидрологический год, м³/с, n – количество дней в данном гидрологическом году (Советов, 1930).

Доля подземного стока воды в общем годовом стоке воды рассчитывалась как отношение величины подземного стока воды $W_{\text{водн. подз}}$ к общему стоку воды за каждый гидрологический год $W_{\text{водн. год}}$ по формуле (5):

$$p = \frac{W_{\text{водн. подз}}}{W_{\text{водн. год}}} \quad (5).$$

В целом, по Н.Н. Кононову и др. (2003) главным фактором, определяющим величину поверхностного ионного стока, служит отсутствие растительного покрова. Так, в результате расчетов выявлено, что основное влияние из компонентов структуры земной поверхности на величину поверхностного стока ионов оказывает антропогенная преобразованность поверхности речных бассейнов, выражающаяся в доли их залуженности ($r = 0,91$) и распаханности ($r = 0,81$) (рис. 1).

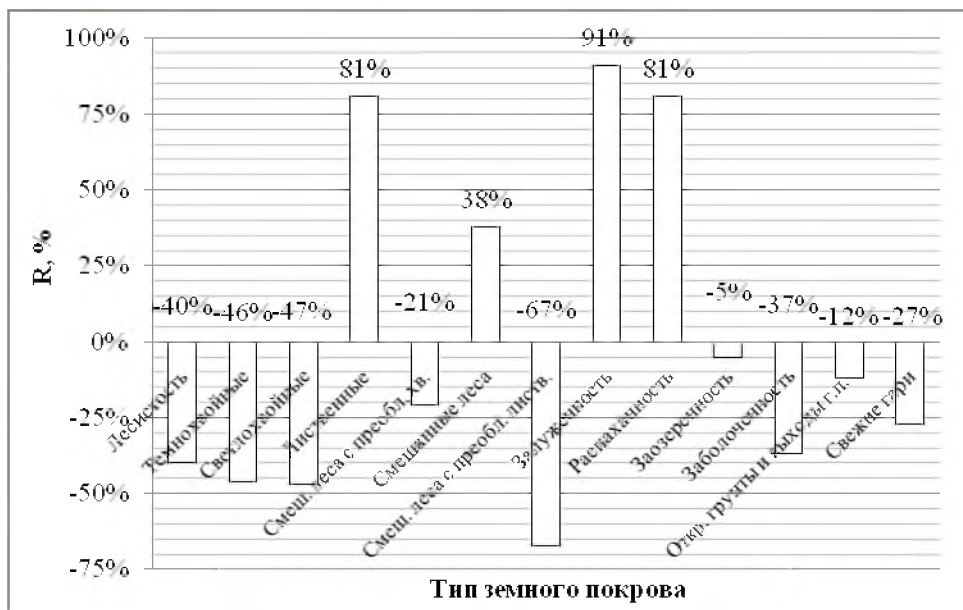
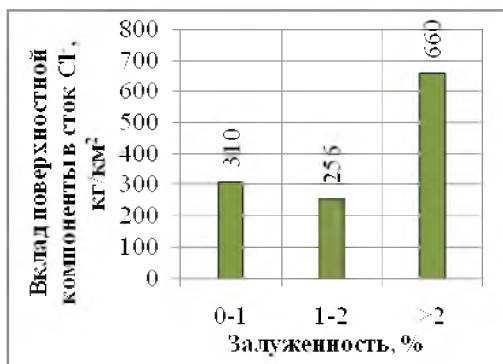
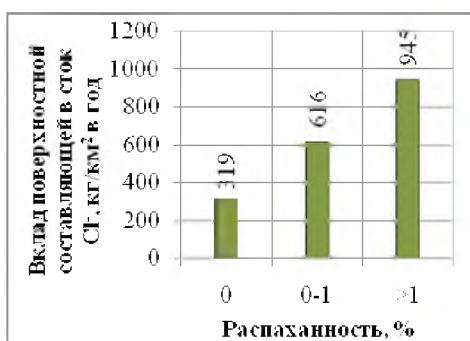


Рис. 1. Коэффициенты корреляции между поверхностной составляющей стока C_f с речных бассейнов и характеристиками типа земельного покрова речных бассейнов (количественная информация о типе земельного покрова получена по данным Барталева и др., 2011)

Как правило, залуженные участки возникают на месте сведенных лесов (Ермолаев, 2002). Максимум поверхностной компоненты стока C_f фиксируется в пределах речных бассейнов с залуженностью территории более 2% (бассейны рр. Лежа, Вага, Сямжа, Виледь, Покшеньга, Кичменьга, Бол. Лоптюга, Пинега), составляя $0,66 \text{ т/км}^2$, при залуженности от 1 до 2% вклад снижается до $0,26 \text{ т/км}^2$. Минимальные величины залуженности (менее 1%) приурочены к речным бассейнам с поверхностным стоком C_f в $0,31 \text{ т/км}^2$ (рис. 2а).



а



б

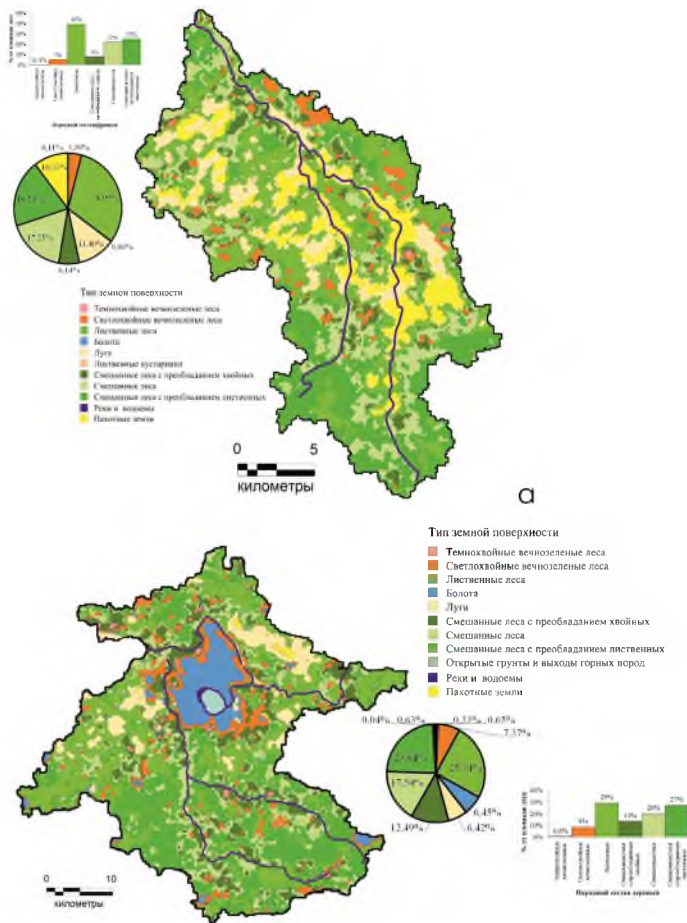
Рис. 2. Изменение среднемноголетних значений величины вклада поверхностной составляющей в сток СП в зависимости от залуженности (а) и распаханности (б) речных бассейнов

С увеличением распаханности речных бассейнов вклад поверхностной составляющей стока СП резко возрастает (рис. 2б). Это обусловлено усилением эрозионных процессов. При этом следует отметить, что залуженные участки с течением времени зарастают, тогда как интенсивно распаханые земли в течение более длительного времени служат источником активизации эрозионных процессов.

Так, в речных бассейнах, где отсутствуют сельскохозяйственные земли, вклад поверхностной составляющей держится на уровне

0,32 т/км² (рис. 26).

При распаханности более 1% территории вклад увеличивается в 3 раза и достигает 0,95 т/км² (рис. 26). Так, наиболее высокие величины поверхностного стока C_{Γ} приурочены к наиболее распаханым речным бассейнам подзоны южной тайги – бассейнам рр. Лежа (выше д. Бушуиха) (1,58 т/км²), Сямжа (выше с. Сямжена) (1,11 т/км²) (рис. 3).



6

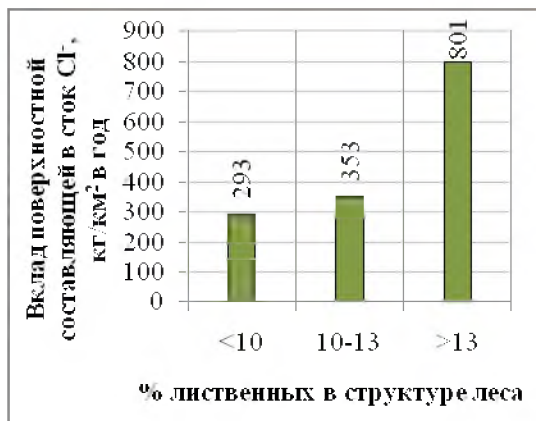
Рис. 3. Тип земного покрова бассейнов рр. Лежа (а) и Сямжа (б) (карты построены по данным Барталева и др., 2011)

С увеличением лесистости речных бассейнов поверхностный сток ионов, напротив, снижается (рис. 1). Лесные массивы характеризуются, во-первых, хорошей водопроницаемостью почв, и, во-вторых, развитой корневой системой растительности, которые в совокупности способствуют высокой противоэрозионной устойчивости почв, то есть уменьшению выноса почвы со стоком.

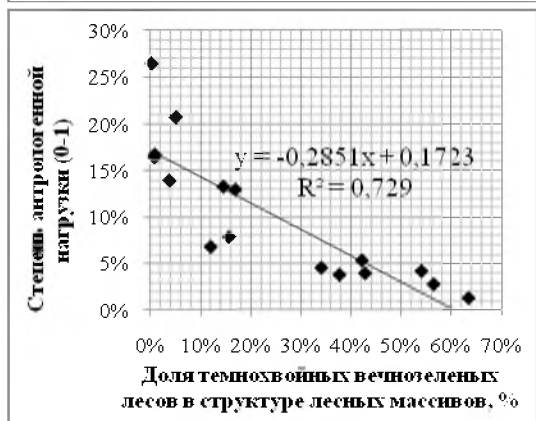
Более того, лесные массивы включают в себя различные древесные породы, приуроченные к различным типам почв и горных пород в пределах речных бассейнов. Например, с увеличением доли лиственных пород в структуре лесных массивов величина поверхностного стока Cl^- увеличивается ($r = 0,82$) (рис. 1).

Так, при доле лиственных пород в структуре лесных массивов менее 10% вклад поверхностной компоненты в стоке Cl^- минимален и держится на уровне $0,29 \text{ т/км}^2$, более 13% - почти в 3 раза больше ($0,8 \text{ т/км}^2$) (рис. 4а). Как правило, лиственные породы приурочены к дерново-подзолистым почвам, содержащим больше минеральных компонентов, лежащих на среднесуглинистых валунных и галечниковых почвообразующих породах.

С увеличением доли темнохвойных и светлохвойных пород в структуре лесных массивов вклад поверхностной составляющей, напротив, снижается ($r = -0,47$). Так, большая доля темнохвойных пород отмечается в менее освоенных речных бассейнах ($r = -0,85$), светлохвойные древесные породы, как правило, тяготеют к почвам, обедненным минеральными веществами (подзолам на песчаных и супесчаных почвообразующих породах) (рис. 4б).



а



б

Рис. 4. Изменчивость поверхностной компоненты стока СГ в зависимости от доли лиственных пород в структуре лесных массивов речных бассейнов (а) и зависимость степени антропогенной нагрузки на речные бассейны от доли темнохвойных вечнозеленых лесов в структуре леса (б)

Таким образом, с увеличением антропогенной освоенности речных бассейнов, то есть доли распаханых и залуженных земель, поверхностный сток СГ резко возрастает.

Список литературы

1. Барталев С.А., Егоров В.А., Ершов Д.В., Исаев А.С., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Уваров И.А. Спутниковое картографирование растительного покрова России по данным спектрорадиометра MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2011. Т. 8. № 4. – С. 285-302.
2. Вернадский В.И. Биосфера. I-II / Вернадский В.И. // Избранные сочинения (под ред. А. П. Виноградова). - М.: Изд-во АН СССР, 1960. Т. 5. – С. 5–102.
3. Ермолаев О.П. Эрозия в бассейновых геосистемах. – Казань: Издательство «Унипресс», 2002. – 264 с.
4. Зверев В.П. О составляющих ионного стока с территории СССР / В. П. Зверев // Гидрохимические материалы, 1971. – Т. 56. – С.11-18.
5. Зверев В.П. Роль подземных вод в миграции химических элементов. – М.: Недра, 1982. – 186 с.
6. Копотева Т.Н., Федорова В.А. Атмосферные выпадения HCO_3^- в междуречье рр. Печора и Северная Двина и их влияние на речной сток / Т.Н. Копотева, В.А. Федорова // Современные проблемы геохимии. – Иркутск, 2011. – С. 169-171.
7. Мельчанов В.А., Эрреро Х., Плансессия Т. Влияние рубрик на природоохранную и почвозащитную роль сосновых лесов Кубы // Лесоведение, 2008, N 6, С. 59-70.
8. Савичев О.Г. Условия формирования ионного стока в бассейне Средней Оби / О.Г. Савичев // Известия Томского политехнич. ун-та, 2005. – Т. 308, № 2. – С. 54-58.
9. Советов В.С. Исследование р. Невы и ее бассейна. Река Ижора. / В.С. Советов // Изд. ГГИ,- Л., 1930.
10. Хайруллина Д.Н. К оценке устойчивости элементарных геосистем по данным о поступлении и выносе хлорид-ионов / Д.Н. Хайруллина // Биомедицина, материалы и технологии XXI века: материалы междунар. школы-конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, 2015. – Казань. – С. 580.
11. Хайруллина Д.Н. Тип растительного покрова геосистем как индикатор пространственной изменчивости почвенного стока

Cl⁻ и Na⁺+K⁺ (на примере таежных геосистем севера Восточно-Европейской равнины)/ Д.Н. Хайруллина // Сборник тезисов III междунар. школы-конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Материалы и технологии XXI века», 2018.- С. 154.

12. Khayrullina D.N., Fedorova V.A. Sodium balance structure within the elementary geosystems (by the example of basin of the Elva River in the Komi republic)/ D.N. Khayrullina, V.A. Fedorova // Advances in Environmental Biology, 2014. – V. 8, Is. 4. – P. 1015-1020.