

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»
Чувашское республиканское отделение ВОО «Русское географическое общество»

АРЧИКОВСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2025:
СИНТЕЗ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ НАУКИ,
ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ,
ОПЫТА И МОЛОДОСТИ

Материалы
Всероссийской с международным участием научно-практической конференции,
посвящённой 100-летию учёного-географа, педагога,
организатора высшей географической школы в Чувашии,
доктора географических наук, профессора Е.И. Арчикова,
180-летию Русского географического общества,
80-й годовщине Победы в Великой Отечественной войне
(Чебоксары, 14-17 октября 2025 г.)

Чебоксары
2025

Хайруллина Д.Н.
Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань,
e-mail: dinara-hi@yandex.ru

**ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА КАК ФАКТОР ПРОСТРАНСТВЕННОЙ
ИЗМЕНЧИВОСТИ ПОВЕРХНОСТНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ РЕЧНОГО СТОКА
ИОНОВ ОЧЕНЬ ПОДВИЖНЫХ ВОДНЫХ МИГРАНТОВ
(НА ПРИМЕРЕ РЕГИОНА СЕВЕРА РУССКОЙ РАВНИНЫ)**

Аннотация. В данной работе проводится оценка пространственной изменчивости поверхностной составляющей стока очень подвижных водных мигрантов (хлорид-ионов) в пределах слабо освоенного региона России – севера Русской равнины. Слабая освоенность выбранных 16 речных бассейнов, в которых степень антропогенной нагрузки не превышает 30%, позволяет оценить влияние природно-климатических факторов, одним из главных показателей которых служит среднегодовая температура воздуха. В результате корреляционного анализа выявлена статистически значимая зависимость поверхностной составляющей стока хлорид-ионов с речных бассейнов от среднегодовой температуры воздуха. Кроме того, наблюдается статистически значимая зависимость между среднегодовой температурой воздуха и антропогенной нагрузкой на речные бассейны.

Ключевые слова: поверхностная составляющая ионного стока рек, хлорид-ионы, среднегодовая температура воздуха, речной бассейн, антропогенная нагрузка.

Khayrullina D.N.
Kazan federal university, Kazan, e-mail: dinara-hi@yandex.ru

**AIR TEMPERATURE AS A FACTOR OF SPATIAL VARIABILITY OF THE
SURFACE COMPONENT OF VERY MOBILE WATER MIGRANTS IONS RUNOFF (ON
THE EXAMPLE OF THE NORTH OF THE RUSSIAN PLAIN)**

Annotation. The paper deals with the assessment of spatial variability of the surface component of the highly mobile water migrants (chloride ions) runoff within the north of the Russian Plain. Actually, Russian Plain is underdeveloped region of Russia. So, the degree of anthropogenic press of selected 16 river basins is less than 30%. For this reason, it is necessary to estimate the influence of natural climatic factors. Finally, there is statistically significant dependence between middle annual air temperature and anthropogenic press.

Key words: surface component of river ion runoff, chloride ions, middle annual air temperature, river basin, anthropogenic press.

Поверхностная составляющая ионного стока рек ($W_{\text{и.пов}}$) является основной компонентой полного ионного стока [1, 5]. Факторами формирования этой составляющей в речном стоке рек служат климат (особенности увлажнения и длительность безморозного периода), рельеф, особенности геологического строения (мощность четвертичных отложений) и биогеохимический потенциал (кислотность почв) [7]. В данной работе рассматривалось влияние одного из главных факторов, контролирующих пространственную изменчивость $W_{\text{и.пов}}$ – температура воздуха.

Среднегодовая температура воздуха относится к зональным климатическим характеристикам речных бассейнов. Как правило, температура воздуха оказывает прямое влияние на ионный сток рек. Так, с увеличением температуры воздуха увеличивается скорость протекания химических реакций и интенсивность растворения горных пород. Более того, влияя на гидрологический режим рек, на стаивание снежного покрова, возникновение оттепели и промерзания почв зимой, появление вечной мерзлоты, температура воздуха

оказывается косвенное влияние на ионный сток и, прежде всего, на его поверхностную составляющую (рис. 1) [2].

Таким образом, климатические факторы влияют на интенсивность эрозии почв, а также на интенсивность протекания процессов растворения и выщелачивания ионов из почв и почвообразующих пород.

В целом, информационной базой для настоящей работы послужили:

1) гидрохимические и гидрологические материалы стационарных наблюдений (данные о концентрациях исследуемых ионов в атмосферных осадках и стоке рек, количестве атмосферных осадков и расходах воды рек), накопленные ФГБУ «Северное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» за период с 1958 по 2007 гг.,

2) база данных по ионному стоку рек севера Русской равнины за период с 1938 по 1995 гг., созданная кафедрой ландшафтной экологии Казанского университета,

3) количественная информация о природно-антропогенных характеристиках речных бассейнов региона, полученная на «Геопортале «Речные бассейны Европейской России» (<http://bassepr.kpfu.ru/>).



Рис. 1. Пространственная изменчивость среднегодовой температуры воздуха и поверхностной составляющей стока хлорид-ионов (карта построена по данным [3, 4])

На карте цифрами обозначены гидрологические посты: 1 – Волошка – д. Тороповская, 2 – Кодина – р.п. Кодино, 3 – Сямжа – с. Сямжена, 4 – Лёжа – ст. Бушуиха, 5 – Кичменьга – д. Захарово, 6 – Вишера – д. Лушь, 7 – Нившера – д. Трошк, 8 – Весляна – р.п. Вожаель, 9 – Елга – с. Мещура, 10 – Вымь – с. Весляна, 11 – Иосер – пос. Иосер, 12 – Яренга – с. Тохта, 13 – Виледь – д. Инаевская, 14 – Вага – д. Глуборецкая, 15 – Пинега – д. Согры, 16 – Покшеньга – пос. Сылога, 17 – Золотица – д. Верхняя Золотица, 18 – Мезень – д. Макариб, 19 – Большая Лоптюга – д. Буткан, 20 – Вашка – д. Вендига, 21 – Пеза – д. Сафоново, 22 – Седью – пос. Седью, 23 – Пижда – д. Боровая, 24 – Сула – д. Коткина

Методика оценки поверхностной составляющей в ионном стоке ($W_{и.пов}$) в данной работе базируется на формуле, предложенной В.П. Зверевым (1971):

$$W_{и.пов} = W_{и.общ} - (W_{и.атм} + W_{и.подз}) + W_{и.акк},$$

где $W_{и.общ}$ – полный ионный сток, т/км²; $W_{и.атм}$ – атмосферная составляющая ионного стока, т/км²; $W_{и.подз}$ – подземная составляющая ионного стока, т/км²; $W_{и.акк}$ – 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 [5].

В пространственном отношении в пределах исследуемого региона изменение среднегодовой температуры воздуха не строго подчиняется зональному закону, так как подвержено влиянию омывающих морей (особенно в зимний период), снижаясь в направлении с юго-запада на северо-восток региона (рис. 1). Более низкие температуры на крайнем северо-востоке региона связаны с наличием многолетней мерзлоты. Так, среднегодовая температура воздуха для наиболее удаленного в юго-западном направлении бассейна р. Лежа составляет +3,2°C, тогда как для бассейна р. Сула, расположенного на северо-востоке региона снижается до -2,3°C. При этом практически одинаковые среднегодовые температуры фиксируются как для прибрежного бассейна р. Золотица, так и для наиболее южного бассейна р. Сысола, варьируя от 0 до +1°C, что связано с различной степенью влияния теплых атлантических воздушных масс на исследуемые речные бассейны, нивелирующие влияние зональности (рис. 1).

В результате корреляционного анализа выявлено, что среднегодовая температура воздуха оказывает выраженное влияние на поверхностную компоненту стока хлорид-ионов (R достигает 0,66, $p = 0,0052$) (рис. 2).

Так, на северо-востоке региона исследования в пределах Среднего Тимана в междуречье рек Пинеги и Вычегды среднегодовая температура воздуха не превышает 0°C (рис. 1).

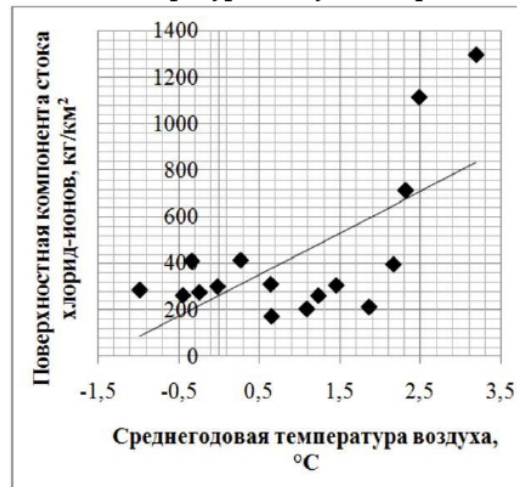


Рис. 2. Корреляционная зависимость между среднегодовой температурой воздуха и поверхностной компонентой стока хлорид-ионов (рассчитано по данным [3, 4])

Поверхностная составляющая в речном стоке хлорид-ионов здесь составляет не более 0,31 т/км², что обусловлено, во-первых, низкой антропогенной нагрузкой на речные бассейны (0,055) и, во-вторых, сравнительно низкой лесистостью (менее 83%) [3, 4]. Как правило, поверхностный сток здесь в основном формируется лишь в осенний период, а также в период оттепелей, когда сток воды происходит по перенасыщенным почвам с нулевым коэффициентом фильтрации [6]. Напротив, в период снеготаяния более низкие температуры воздуха обуславливают низкую степень оттаивания верхнего горизонта почв [1].

При температуре воздуха более 1°C вклад увеличивается в 1,9 раз и достигает 0,56 т/км² (рис. 2). С увеличением температуры воздуха усиливаются процессы, связанные как со стоком воды, так и с содержанием ионов в воде: увеличивается скорость таяния снега, что предопределяет формирование условий для большего стока воды, а также усиливается

интенсивность химических реакций обмена между почвенно-грунтовой толщей и внутрипочвенными водами.

Более того, с увеличением температуры воздуха увеличивается антропогенная освоенность речных бассейнов ($R = 0,754$, $p = 0,001$) (рис. 3). Особенно эта зависимость выражена в речных бассейнах с более высокими среднегодовыми температурами воздуха, где проводится возделывание сельскохозяйственных культур (рис. 3).

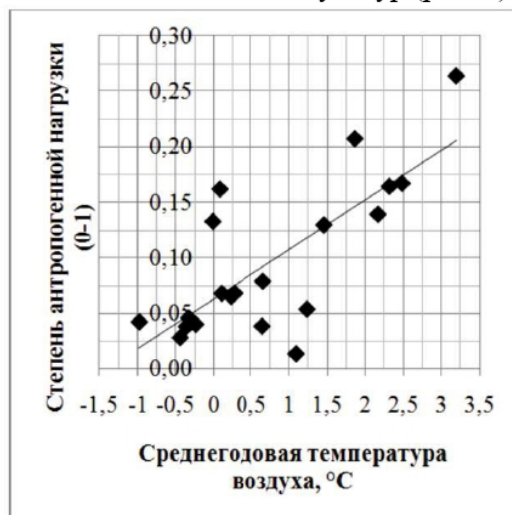


Рис.3. Изменение степени антропогенной нагрузки на речные бассейны в зависимости от среднегодовой температуры воздуха (рассчитано по данным [3, 4])

Таким образом, в регионе исследования с увеличением среднегодовой температуры воздуха усиливается антропогенная нагрузка на речные бассейны и возрастает поверхностная составляющая стока хлорид-ионов.

Литература

1. 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.
2. Денмухаметов Р.Р. Факторы дифференциации речного стока растворенных веществ // Актуальные вопросы географии и геоэкологии. - № 2 (6), 2009. - Саранск: Морд. гос. ун-т.
3. Ermolaev O.P., Mal'tsev K.A., Ivanov M.A. Automated Construction of the Boundaries of Basin Geosystems for the Volga Federal District / O.P. Ermolaev, K.A. Mal'tsev, M.A. Ivanov // Geography and Natural Resources. - 2014. - Vol. 35. - No. 3. - P. 222-228.
4. Ermolaev O.P., Mal'tsev K.A., Mukharamova S.S., Kharchenko S.V., Vedeneeva E.A. Cartographic Model of River Basins of European Russia / O.P. Ermolaev, K.A. Mal'tsev, S. S. Mukharamova, S.V. Kharchenko, E.A. Vedeneeva // Geography and Natural Resources. - 2017. - Vol. 38. - No. 2. - P. 131-138.
5. Зверев В.П. О составляющих ионного стока с территории СССР / В. П. Зверев // Гидрохимические материалы, 1971. - Т. 56. - С.11-18.
6. Кононова Н.Н., Дербенцева А. М., Степанова А. И. Участие почв водосборного бассейна р. Усури в формировании стока наносов / Н.Н. Кононова, А.М. Дербенцева, А. И. Степанова // Вестн. Том. гос. ун-та. Сер. «Науки о Земле» (геология, география, метеорология, геодезия), 2003. - С. 270-271.
7. Махинова А.Ф., Махинов А.Н., Купцова В.А., Шугуан Л., Ермошин В.В. Ландшафтно-геохимическое районирование бассейна р. Амур (Российская часть) / А.Ф. Махинова, А.Н. Махинов, В.А. Купцова, Л. Шугуан, В.В. Ермошин // Тихоокеанская геология, 2014. - Т. 33. - № 2. - С. 76-89.