

## ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТАФИЛОКОККОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ХИМИЧЕСКИХ ПОЛЛЮТАНТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В статье приводятся результаты по выявлению приоритетных химических факторов влияния на биологические характеристики стафилококковой аутофлоры слизистой оболочки носа у детей и установлению степени корреляционной зависимости между уровнем резидентного стафилококкового бактерионосительства и антропогенным загрязнением окружающей среды.

Изучение таксономической структуры микробиоценоза слизистой оболочки переднего отдела носа является одним из важнейших этапов его микроэкологической характеристики. Исходя из этого положения, представилось важным изучение характера доминирования отдельных видов стафилококков в биотопе слизистых оболочек переднего отдела носа у детей с учетом комплексного анализа состояния окружающей среды территорий их проживания.

Исследование состояния окружающей среды проведено по загрязнению атмосферного воздуха, почвы и питьевой воды. Рассчитаны комплексные показатели, суммарные уровни загрязнения каждого из изучаемых объектов окружающей среды, определена комплексная антропогенная нагрузка на селитебные территории Оренбургской области с определением величины гигиенического ранга и оценкой санитарно-гигиенической ситуации.

При анализе результатов микробиологического исследования, наряду с изучением общепринятых биологических свойств стафилококков (факторы вирулентности, антагонизма, персистенции), был использован индекс-маркер – коэффициент резидентного стафилококкового бактерионосительства (КРСБ), представляющий собой соотношение частоты данного состояния в популяции детей, проживающих в обследуемом и фоновом населенных пунктах (3). Предложенный коэффициент позволяет игнорировать фактор сезонности и проводить сопоставление между населенными пунктами, расположенными в различных климатогеографических зонах. Изучение же микроэкологических сдвигов на слизистой оболочке верхних дыхательных путей именно у детей представляется наиболее целесообразным в условиях отсутствия их контакта с производственными токсикантами.

Анализ уровня коэффициента резидентного стафилококкового бактерионосительства в коллективах детей в зависимости от показате-

лей эколого-гигиенического состояния объектов окружающей среды в населенных пунктах их проживания позволило констатировать статистически значимую связь между названными параметрами.

Проведенный корреляционный анализ определил достоверные связи между содержанием в атмосферном воздухе диоксида азота ( $r=0,61$ ;  $p<0,05$ ), оксида углерода ( $r=0,57$ ;  $p<0,05$ ), аммиака ( $r=0,65$ ;  $p<0,05$ ), в почве – меди ( $r=0,61$ ;  $p<0,05$ ), цинка ( $r=0,67$ ;  $p<0,05$ ) и микробиологическим коэффициентом (КРСБ). Суммарные коэффициенты загрязнения изучаемых сред вносят определенный вклад в формирование резидентного стафилококкового бактерионосительства, что подтверждается наличием тесных прямых корреляционных зависимостей между вышеуказанными показателями. Так, при отсутствии статистически значимых зависимостей между отдельными поллютантами питьевой воды и КРСБ, установлена достоверная связь ( $r=0,5$ ;  $p<0,05$ ) между суммарным содержанием веществ в воде и уровнем коэффициента резидентного стафилококкового бактерионосительства. Суммарный показатель загрязнения почвы также имеет достоверную связь ( $r=0,67$ ;  $p<0,05$ ) с изучаемым микробиологическим показателем. Но наиболее высокая корреляционная зависимость ( $r=0,87$ ;  $p<0,05$ ) выявляется между загрязнением атмосферного воздуха и КРСБ. Достоверная зависимость ( $r=0,87$ ;  $p<0,05$ ) определяется и между комплексным показателем загрязнения окружающей среды и коэффициентом резидентного стафилококкового бактерионосительства. При оценке возможных связей количественных характеристик стафилококкового биоценоза слизистой оболочки носа у детей установлено, что для показателя микробной обсемененности достоверная прямая корреляционная связь отмечалась с суммарными показателями загрязнения некоторых сред ( $r=0,52-0,57$ ;  $p<0,05$ ), с содержанием аммиака в атмосферном воздухе ( $r=0,62$ ;  $p<0,05$ ), а также

обратная зависимость с содержанием свинца в питьевой воде ( $r=-0,7$ ;  $p<0,05$ ). Количество резидентных бактерионосителей коагулазоположительных стафилококков математически зависит от концентрации в воздухе диоксида серы ( $r=0,57$ ;  $p<0,05$ ), оксида углерода ( $r=0,53$ ;  $p<0,05$ ) и аммиака ( $r=0,54$ ;  $p<0,05$ ), в почве – свинца ( $r=0,50$ ;  $p<0,05$ ) и цинка ( $r=0,58$ ;  $p<0,05$ ), а также от суммарных показателей загрязнения различных сред ( $r=0,7-0,84$ ;  $p<0,05$ ) и комплексного показателя антропогенной нагрузки ( $r=0,77$ ;  $p<0,05$ ).

Далее, необходимо отметить, что выяснение закономерностей длительной циркуляции стафилококков в социобиоценозах лежит в плоскости изучения комплекса их биологических свойств, обладающих высокой внутривидовой вариабельностью, обеспечивающей динамическое соответствие микроорганизма специфическим условиям его среды обитания.

При анализе уровня коэффициента резидентного стафилококкового бактерионосительства установлены значимые связи данного показателя как с частотой резидентных носителей патогенных коагулазоположительных ( $r=0,79$ ;  $p<0,05$ ), так и коагулазоотрицательных ( $r=0,68$ ;  $p<0,05$ ) стафилококков, а также с частотой носителей смешанной стафилококковой микрофлоры ( $r=0,62$ ;  $p<0,05$ ). Причем, установлена достоверная корреляционная связь частоты резидентных стафилококковых бактерионосителей коагулазоположительных стафилококков с одним из факторов вирулентности изучаемых микроорганизмов, в частности, с гемолитической активностью ( $r=0,54$ ;  $p<0,05$ ), а также с группой факторов персистенции – с антилизосимной активностью ( $r=0,97$ ;  $p<0,05$ ), «антиинтерфероновой» активностью ( $r=0,86$ ;  $p<0,05$ ) и антикомплементарной активностью ( $r=0,9$ ;  $p<0,05$ ). Частота резидентных носителей коагулазоотрицательных стафилококков связана только с факторами персистенции данных бактерий – с антилизосимной активностью ( $r=0,95$ ;  $p<0,05$ ), «антиинтерфероновой» активностью ( $r=0,62$ ;  $p<0,05$ ) и антикомплементарной активностью ( $r=0,83$ ;  $p<0,05$ ). По количеству носителей смешанной стафилококковой микрофлоры зависимость прослеживается с антагонизмом стафилококков к музейному штамму *Corynebacterium xerosis* ( $r=0,59$ ;  $p<0,05$ ) при отсутствии достоверных связей по другим изучаемым биологическим характеристикам. Показатель микробной обсемененности, в

большей степени, определяется гемолитической активностью коагулазоотрицательных ( $r=0,63$ ;  $p<0,05$ ) и коагулазоположительных ( $r=0,55$ ;  $p<0,05$ ) стафилококков, «антиинтерфероновой» активностью КОС ( $r=0,55$ ;  $p<0,05$ ), а также всеми изученными факторами персистенции КПС ( $r=0,58-0,67$ ;  $p<0,05$ ). На уровень коэффициента резидентного стафилококкового бактерионосительства оказывают влияние гемо- и фибринолитическая активность негативных бактерий и факторы персистенции как коагулазоотрицательных ( $r=0,71-0,92$ ;  $p<0,05$ ) так и коагулазоположительных ( $r=0,69-0,72$ ;  $p<0,05$ ) стафилококков.

Далее была выполнена серия корреляционных анализов, призванных идентифицировать возможные причины вариабельности изучаемых биологических свойств стафилококков.

Для коагулазонегативных стафилококков характерны следующие корреляционные связи между их биологическими свойствами и приоритетными факторами загрязнения окружающей среды:

– гемолитическая активность достоверно связана с концентрацией в питьевой воде марганца ( $r=0,53$ ;  $p<0,05$ ), в атмосферном воздухе – с содержанием диоксида азота ( $r=0,51$ ;  $p<0,05$ ) и аммиака ( $r=0,54$ ;  $p<0,05$ );

– фибринолитическая активность связана обратной зависимостью с присутствием в питьевой воде хлоридов ( $r=-0,54$ ;  $p<0,05$ ), в почве – ванадия ( $r=-0,6$ ;  $p<0,05$ ), а прямая связь обнаружена с содержанием в воздушной среде диоксида серы ( $r=0,52$ ;  $p<0,05$ ), оксида углерода ( $r=0,5$ ;  $p<0,05$ ), сероводорода ( $r=0,54$ ;  $p<0,05$ ) и аммиака ( $r=0,57$ ;  $p<0,05$ );

– антагонизм к микрококку проявляет прямую корреляционную зависимость с содержанием фтора в питьевой воде ( $r=0,63$ ;  $p<0,05$ ) и титана в почве ( $r=0,52$ ;  $p<0,05$ ), обратную – с концентрацией ванадия в почве ( $r=-0,84$ ;  $p<0,05$ );

– антагонизм стафилококков к музейному штамму *Corynebacterium xerosis* связан обратной зависимостью с содержанием в питьевой воде бора ( $r=-0,54$ ;  $p<0,05$ ) и молибдена ( $r=-0,53$ ;  $p<0,05$ ), прямой зависимостью с концентрацией в почве бора ( $r=0,67$ ;  $p<0,05$ ), бария ( $r=0,57$ ;  $p<0,05$ ), кобальта ( $r=0,67$ ;  $p<0,05$ ), никеля ( $r=0,63$ ;  $p<0,05$ ) и цинка ( $r=0,5$ ;  $p<0,05$ );

– антилизосимная активность связана с содержанием в воздухе диоксида азота ( $r=0,61$ ;  $p<0,05$ ) и в почве – меди ( $r=0,56$ ;  $p<0,05$ );

– «антиинтерфероновая» активность зависит от концентрации в атмосфере оксида углерода ( $r=0,6$ ;  $p<0,05$ ) и аммиака ( $r=0,65$ ;  $p<0,05$ ), в почве – от содержания цинка ( $r=0,64$ ;  $p<0,05$ );

– антикомплементарная активность связана прямой зависимостью с содержанием в питьевой воде марганца ( $r=0,64$ ;  $p<0,05$ ), воздухе – аммиака ( $r=0,57$ ;  $p<0,05$ ).

Зависимость биологических характеристик коагулазоотрицательных стафилококков от общего антропогенного воздействия проявлялась в прямой достоверной корреляционной связи между коэффициентом суммарной аэрогенной нагрузки и гемолитической ( $r=0,58$ ;  $p<0,05$ ), фибринолитической ( $r=0,76$ ;  $p<0,05$ ), «антиинтерфероновой» ( $r=0,9$ ;  $p<0,05$ ) и антикомплементарной активностями ( $r=0,5$ ;  $p<0,05$ ), суммарным коэффициентом загрязнения питьевой воды и гемолитической ( $r=0,51$ ;  $p<0,05$ ) и фибринолитической ( $r=0,5$ ;  $p<0,05$ ) активностями, а также между суммарным показателем состояния почвы и антилизоцимной активностью ( $r=0,59$ ;  $p<0,05$ ). Также отмечена статистически значимая корреляционная связь между комплексным показателем загрязнения окружающей среды и фибринолитической ( $r=0,55$ ;  $p<0,05$ ), антилизоцимной ( $r=0,58$ ;  $p<0,05$ ) и «антиинтерфероновой» ( $r=0,79$ ;  $p<0,05$ ) активностями коагулазоотрицательных стафилококков.

Различные биологические характеристики коагулазопозитивных стафилококков проявляли достоверные корреляционные связи со следующими химическими поллютантами окружающей среды:

– гемолитическая активность достоверно связана с концентрацией в атмосферном воздухе диоксида азота ( $r=0,59$ ;  $p<0,05$ ), а в почве – молибдена ( $r=0,56$ ;  $p<0,05$ );

– фибринолитическая активность проявляет прямую зависимость с содержанием в питьевой воде меди ( $r=0,64$ ;  $p<0,05$ ), молибдена ( $r=0,68$ ;  $p<0,05$ ), в атмосферном воздухе – оксида углерода ( $r=0,68$ ;  $p<0,05$ ) и аммиака ( $r=0,57$ ;  $p<0,05$ );

– антилизоцимная активность связана с содержанием в питьевой воде железа ( $r=0,63$ ;  $p<0,05$ ), в – воздухе диоксида серы ( $r=0,81$ ;  $p<0,05$ ) и цинка ( $r=0,52$ ;  $p<0,05$ ) в почве;

– «антиинтерфероновая» активность зависит от концентрации в атмосфере сероводорода ( $r=0,54$ ;  $p<0,05$ ) и аммиака ( $r=0,58$ ;  $p<0,05$ );

– антикомплементарная активность связана прямой зависимостью с содержанием в пи-

тевой воде фтора ( $r=0,54$ ;  $p<0,05$ ), железа ( $r=0,54$ ;  $p<0,05$ ), в атмосферном воздухе – сероводорода ( $r=0,55$ ;  $p<0,05$ ), диоксида серы ( $r=0,52$ ;  $p<0,05$ ), аммиака ( $r=0,58$ ;  $p<0,05$ ), в почве – свинца ( $r=0,55$ ;  $p<0,05$ ) и обратной зависимостью – с содержанием бора ( $r=-0,52$ ;  $p<0,05$ ) в питьевой воде.

Суммарные показатели загрязнения окружающей среды связаны корреляционной зависимостью только с факторами персистенции коагулазоположительных стафилококков. Так, отмечены возможные связи суммарного загрязнения питьевой воды и антилизоцимной ( $r=0,59$ ;  $p<0,05$ ), «антиинтерфероновой» ( $r=0,514$ ;  $p<0,05$ ), антикомплементарной ( $r=0,59$ ;  $p<0,05$ ) активностями, показателя суммарной аэрогенной нагрузки и антилизоцимной ( $r=0,77$ ;  $p<0,05$ ), «антиинтерфероновой» ( $r=0,71$ ;  $p<0,05$ ), антикомплементарной ( $r=0,73$ ;  $p<0,05$ ) активностями, а также комплексного показателя загрязнения окружающей среды и антилизоцимной ( $r=0,69$ ;  $p<0,05$ ), «антиинтерфероновой» ( $r=0,55$ ;  $p<0,05$ ), антикомплементарной ( $r=0,6$ ;  $p<0,05$ ) активностями.

В результате корреляционного анализа показана тесная зависимость между биологическими свойствами стафилококков и показателями состояния окружающей среды, что подтверждается множественностью установленных достоверных связей (табл. 1).

Подводя итоги корреляционного анализа, необходимо отметить, что стафилококки относятся к тем видам микроорганизмов, которые быстро приобретают устойчивость к различным факторам внешнего воздействия (1, 5).

Так, общей чертой данного исследования является, с одной стороны, вариабельность факторов персистенции коагулазоотрицательных и коагулазоположительных стафилококков под влиянием экологической ситуации, с другой, доминирование влияния поллютантов атмосферного воздуха, по сравнению с другими объектами окружающей среды, в процессах изменчивости свойств микроорганизмов в различных условиях среды обитания. В частности, факторы патогенности коагулазоотрицательных и коагулазоположительных стафилококков, в большей степени, связаны с содержанием в атмосферном воздухе диоксида серы, сероводорода, оксида углерода и аммиака, факторы персистенции вышеуказанных бактерий проявляют зависимость от концентрации в воздушной среде сероводорода и аммиака, что со-

Таблица 1. Сравнительная характеристика влияния антропогенных факторов на биологические характеристики стафилококков

Показатель	КОС	КПС	КРСБ	ПМО
Параметры атмосферного воздуха				
Диоксид азота	<input type="checkbox"/> гемолитическая активность <input type="checkbox"/> антилизоцимная активность	–	<input type="checkbox"/>	–
Диоксид серы	<input type="checkbox"/> фибринолитическая активность	<input type="checkbox"/> антилизоцимная активность <input type="checkbox"/> ати́комплементарная активность	–	–
Окс. углерода	<input type="checkbox"/> фибринолитическая активность <input type="checkbox"/> «антиинтерфероновая» активность	<input type="checkbox"/> фибринолитическая активность	<input type="checkbox"/>	
Сероводород	<input type="checkbox"/> фибринолитическая активность	<input type="checkbox"/> фибринолитическая активность <input type="checkbox"/> «антиинтерфероновая» активность <input type="checkbox"/> ати́комплементарная активность	<input type="checkbox"/>	–
Аммиак	<input type="checkbox"/> гемолитическая активность <input type="checkbox"/> фибринолитическая активность <input type="checkbox"/> «антиинтерфероновая» активность <input type="checkbox"/> ати́комплементарная активность	<input type="checkbox"/> гемолитическая активность <input type="checkbox"/> фибринолитическая активность <input type="checkbox"/> «антиинтерфероновая» активность <input type="checkbox"/> ати́комплементарная активность	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ксуммарный	<input type="checkbox"/> гемолитическая активность <input type="checkbox"/> фибринолитическая активность <input type="checkbox"/> «антиинтерфероновая» активность	<input type="checkbox"/> антилизоцимная активность <input type="checkbox"/> «антиинтерфероновая» активность <input type="checkbox"/> ати́комплементарная активность	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Параметры почвы				
Цинк	<input type="checkbox"/> «антиинтерфероновая» активность	<input type="checkbox"/> антилизоцимная активность	<input type="checkbox"/>	–
Медь	<input type="checkbox"/> антилизоцимная активность	–	<input type="checkbox"/>	–
Ксуммарный	<input type="checkbox"/> антилизоцимная активность	–	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ккомплексный	<input type="checkbox"/> «антиинтерфероновая» активность <input type="checkbox"/> ати́комплементарная активность	<input type="checkbox"/> антилизоцимная активность <input type="checkbox"/> «антиинтерфероновая» активность <input type="checkbox"/> ати́комплементарная активность	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

↑ – высокая положительная корреляционная связь ( $r > 0,51$ ,  $p < 0,05$ ) ↓ – высокая отрицательная корреляционная связь ( $r < -0,51$ ,  $p < 0,05$ ) – – отсутствие корреляционной связи

чается с экспериментальными данными различных авторов (4). Химические вещества питьевой воды и почвы неоднозначно воздействуют на биологические характеристики стафилококков. Прямая зависимость прослеживается между гемолитической и антикомплементарной активностями коагулазоотрицательных стафилококков и марганцем, антагонизмом к микрококку и фтором в питьевой воде, титаном – в почве, антагонизм к коринебактерии зависит от концентрации в почве бария, кобальта, никеля и цинка, антилизоцимная активность связана с медью в почве, антикомплементарная – с марганцем в питьевой воде. Необходимо отметить, что увеличение ванадия в почве при статистических расчетах ведет к снижению фибринолитической активности и антагонизма к микрококку КОС, а содержание бора и молибдена в питьевой воде связано обратной зависимостью с антагонизмом к музейному штамму *Corynebacterium xerosis*. У коагулазополжительных стафилококков гемолитическая активность связана с присутствием молибдена в по-

чве, фибринолитическая – с содержанием меди и молибдена в питьевой воде, фтор и железо в питьевой воде повышают антикомплементарную активность КПС. Под воздействием факторов техногенной природы происходит ускорение темпов изменчивости микроорганизмов, что рассматривается как «искусственная эволюция возбудителей инфекционных заболеваний». Направленность влияния суммарных показателей загрязнения окружающей среды на факторы патогенности и персистенции стафилококков дает возможность предположить активацию механизмов адаптации микроорганизмов при комплексном антропогенном воздействии, что способствует формированию более устойчивого стафилококкового биоценоза слизистой оболочки переднего отдела носа у детей.

Таким образом, проведенный анализ показал наличие множественных достоверных корреляционных связей между выраженностью биологических характеристик патогенных и условно-патогенных микроорганизмов и хими-

ческими поллютантами окружающей среды, что обеспечивает адекватность микроорганизмов изменившимся условиям среды обитания. Также, следует отметить общность тенденции изменчивости биологических признаков в изученных группах микроорганизмов, что позволило в ряде дальнейших случаев проводить их интегральную оценку. С этих позиций анализ качественных и количественных характеристик стафилококков, как санитарно-показательной

микрофлоры, позволяет охарактеризовать интенсивность и направленность экзогенного влияния на изменчивость факторов вирулентности и персистенции инфекционных агентов, определяющих особенности их взаимодействия с организмом хозяина (2), что подтверждает необходимость дальнейшего исследования модификации индикаторных свойств микроорганизмов рода *Staphylococcus* при различной антропогенной нагрузке.

---

**Список использованной литературы:**

1. Акатов А.К., Зуева В.С. Стафилококки. – М.: Медицина, 1983. – 256 с.
2. Бухарин О.В., Соколов В.Ю. Способ определения антиинтерфероновой активности // Авторское свидетельство СССР №1564191. – Бюлл. №18. – 15.05.90.
3. Игамбердиев В.М. Методологические аспекты оценки воздействия загрязнений на экосистемы // Экология человека.-1994. – №2. – С.5-11
4. Чернова О.Л. Антилизотимная активность стафилококков, выделенных при бактерионосительстве: Автореф. дис.... канд. биол. наук. – Челябинск, 1989. – 17 с.
5. Hryniewicz W. Bacterial resistance in eastern Europe – selected problems // Scand. J. Infect. Dis. Suppl. – 1994. – Vol.93. – P.33-39.